DET KONGELIGE DANSKE

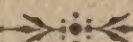
VIDENSKABERNES SELSKABS SKRIFTER

OTTENDE RÆKKE

NATURVIDENSKABELIG OG MATHEMATISK AFDELING

ANDET BIND

MED 4 TAVLER



KØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1916—1918

Pris: 11 Kr. 50 Øre

DET KONGELIGE DANSKE

VIDENSKABERNES SELSKABS SKRIFTER

OTTENDE RÆKKE

NATURVIDENSKABELIG OG MATHEMATISK AFDELING

ANDET BIND

MED 4 TAVLER

KØBENHAVN
HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI
1918

INDHOLD

FORTEGNELSE

OVER

DET KONGELIGE DANSKE VIDENSKABERNES SELSKABS MEDLEMMER

April 1918

Protektor:

Hans Majestæt Kongen.

Præsident:
Vilh. Thomsen.

Formand for den hist.-filos. Klasse: Fr. Buhl.
Formand for den naturv.-math. Klasse: S. P. L. Sørensen.

Sekretær: Martin Knudsen.
Redaktør: Dines Andersen.
Kasserer: W. L. Johannsen.

Kassekommissionen.
H. Høffding. Kr. Erslev. J. L. W. V. Jensen. J. T. Hjelmslev.

Revisorer.
Th. J. M. Madsen. C. Hansen Ostenfeld.

Kommissionen for Registrering af litterære Kilder til dansk Historie i Udlandet.
Joh. Steenstrup. K. Erslev. H. O. Lange.

Udvalg for den internationale Katalog over naturvidenskabelige Arbejder.
L. Kolderup Rosenvinge. V. Henriques. S. P. L. Sørensen. Th. Thoroddsen.
Martin Knudsen. J. T. Hjelmslev.

Medlemmer af det staaende Udvalg for den internationale Association af Akademier.
H. G. Zeuthen. J. L. Heiberg.

Udvalg for Deltagelse i internationale vulkanologiske Undersøgelser.
K. Prytz. S. P. L. Sørensen. M. Knudsen. Th. Thoroddsen.

INDENLANDSKE MEDLEMMER

ZEUTHEN, HIERONYMUS GEORG, Dr. phil. & math., fh. Professor i Mathematik ved Københavns Universitet og den Polytekniske Læreanstalt, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af Nordstjernen.

THOMSEN, VILHELM LUDVIG PETER, Dr. phil., fh. Professor i sammenlignende Sprogvidenskab ved Københavns Universitet, Ridder af Elefanten, Storkors af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af den preussiske Røde Ørns Orden, dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld og med den preussiske Orden Pour le Mérite, Selskabets Præsident.

WIMMER, LUDVIG FRANDS ADALBERT, Dr. phil. & litt., fh. Professor i de nordiske Sprog ved Københavns Universitet, Storkors af Danebrog og Danebrogsmand, dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld.

TOPSØE, HALDOR FREDERIK AXEL, Dr. phil., fh. Direktør for Arbejds- og Fabriktilsynet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld.

WARMING, JOHANNES EUGENIUS BÜLOW, Dr. phil. & sc., fh. Professor i Botanik ved Københavns Universitet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af den storbritanniske Victoriaorden, Ridder af den brasilianske Roseorden, dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld.

STEENSTRUP, JOHANNES CHRISTOPHER HAGEMANN REINHARDT, Dr. jur. & phil., fh. Professor Rostgardianus i nordisk Historie og Antikviteter ved Københavns Universitet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af Nordstjernen, Ridder af Æreslegionen.

GERTZ, MARTIN CLARENTIUS, Dr. phil., fh. Professor i klassisk Filologi ved Københavns Universitet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af den italienske Kroneorden og af Nordstjernen.

Heiberg, Johan Ludvig, Dr. phil., litt., med. & sc., Professor i klassisk Filologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog.

Høffding, Harald, Dr. phil., jur., sc. & litt., fh. Professor i Filosofi ved Københavns Universitet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af St. Olavs Ordenen, af Nordstjernen og af Æreslegionen, Officier de l'instruction publique.

Kroman, Kristian Frederik Vilhelm, Dr. phil., Professor i Filosofi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog og Danebrogsmand.

Müller, Peter Erasmus, Dr. phil., Kammerherre, Hofjægermester, fh. Overførster for anden Inspektion, Storkors af Danebrog og Danebrogsmand, dekoreret med Majestæternes Guldbryllups-Erindringstegn, Kommandør af St. Olavsordenen, af den russiske St. Annaorden, af den spanske Carl III's Orden, af den græske Frelserorden og af den preussiske Røde Ørns Orden.

Erslev, Kristian Sofus August, Dr. phil., Rigsarkivar, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand.

Boas, Johan Erik Vesti, Dr. phil., Professor i Zoologi ved den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Ridder af Danebrog og St. Olavsordenen.

Petersen, Otto Georg, Dr. phil., fh. Professor i Botanik ved den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Ridder af Danebrog og Danebrogsmand.

Prytz, Peter Kristian, Professor i Fysik ved den Polytekniske Læreanstalt, Ridder af Danebrog og Danebrogsmand.

Salomonsen, Carl Julius, Dr. med. & sc., Professor i Pathologi ved Københavns Universitet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af den preussiske Kroneorden, af den russiske St. Stanislausorden, af den svenske Vasaorden og af Æreslegionen, Ridder af Nordstjernen og af St. Olavsordenen, Officier de l'instruction publique.

Møller, Martin Thomas Hermann, Dr. phil., Professor i germansk Filologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog.

Jónsson, Finnur, Dr. phil., Professor i nordisk Filologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog, Kommandør af Nordstjernen, Ridder af St. Olavsordenen.

Müller, Sophus Otto, Dr. phil., Direktør for Nationalmuseets første Afdeling, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af den italienske St. Mauritius og Lazarusorden, Ridder af Æreslegionen.

Bergh, Rudolph Sophus, Dr. phil., fh. Docent i Histologi ved Københavns Universitet.

Johannsen, Wilhelm Ludvig, Dr. med., phil. & bot. et zool., Professor i Plantefysiologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog, Kommandør af den franske Orden Mérite agricole, Selskabets Kasserer.

Jespersen, Jens Otto Harry, Dr. phil. & litt., Professor i engelsk Sprog og Litteratur ved Københavns Universitet.

Nyrop, Kristoffer, Dr. phil., Professor i romansk Sprog og Litteratur ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog og Danebrogsmand, Officer af Æreslegionen, Officier de l'instruction publique, Ridder af den italienske Kroneorden, dekoreret med rumænsk Fortjenstmedaille i Guld.

Bang, Bernhard Laurits Frederik, Dr. med., Veterinærfysikus, fh. Professor i Veterinær-Lægevidenskab ved den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af Nordstjernen og af St. Olavsordenen, Komturkorset af 1. Kl. af den sachsiske Albrechtsorden.

Juel, Christian Sophus, Dr. phil., Professor i Mathematik ved den Polytekniske Læreanstalt i København, Ridder af Danebrog.

Buhl, Frantz Peter William, Dr. phil. & theol., Professor i semitisk-orientalsk Filologi ved Københavns Universitet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af den græske Frelserorden, Ridder af Nordstjernen og af Kongeriget Sachsens Civil Fortjeneste Orden, Officier de l'instruction publique, Formand i Selskabets historisk-filosofiske Klasse.

Kålund, Peter Erasmus Kristian, Dr. phil., Bibliotekar ved den Arnamagnæanske Haandskriftsamling paa Universitetsbiblioteket i København, Ridder af Danebrog og af St. Olavsordenen.

Rosenvinge, Janus Laurits Andréas Kolderup, Dr. phil., Professor i Botanik ved Københavns Universitet.

Troels-Lund, Troels Frederik, Dr. phil., Professor, Ordens-Historiograf, Storkors af Danebrog og Danebrogsmand, Storkors af St. Olavs Ordenen, Ridder af den græske Frelserorden.

Dreyer, Johan Ludvig Emil, Dr. phil., fh. Director of the Armagh Observatory, Irland, Ridder af Danebrog.

Lehmann, Alfred Georg Ludvig, Dr. phil., Professor i eksperimental Psykologi ved Københavns Universitet.

Rubin, Marcus, Direktør i Nationalbanken, Historiker, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Storkomtur af den meklenborgske Grif-Orden, Kommandør af den russiske St. Stanilausorden.

Raunkiær, Christen, Professor i Botanik ved Københavns Universitet.

Drachmann, Anders Bjørn, Dr. phil., Professor i klassisk Filologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog.

Hude, Karl, Dr. phil., Rektor ved Frederiksborg lærde Skole, Ridder af Danebrog.

Christensen, Anders Christian, Professor i Kemi ved den Farmaceutiske Læreanstalt i København, Ridder af Danebrog.

Henriques, Valdemar, Dr. med., Professor i Fysiologi ved Københavns Universitet.

Jensen, Carl Oluf, Dr. med., Professor i almindelig Pathologi og pathologisk Anatomi ved den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Ridder af Danebrog, af St. Olavsordenen, af Nordstjerneordenen og af den sachsiske Albrechtsorden.

Pedersen, Holger, Dr. phil., Professor i sammenlignende Sprogvidenskab ved Københavns Universitet.

Lange, Hans Ostenfeldt, Overbibliotekar ved det kongelige Bibliotek i København, Ridder af Danebrog, Komtur af den meklenborgske Griforden, Ridder af St. Olavsordenen.

Sørensen, Søren Peter Lauritz, Dr. phil., Professor, Direktør for Carlsberg-Laboratoriets kemiske Afdeling, København, Formand i Selskabets naturvidenskabelig-mathematiske Klasse, Ridder af Danebrog.

Jensen, Johan Ludvig William Valdemar, Overingeniør, Ridder af Danebrog.

Andersen, Dines, Dr. phil., Professor i indisk-østerlandsk Filologi ved Københavns Universitet, Selskabets Redaktør.

Knudsen, Martin Hans Christian, Professor i Fysik ved Københavns Universitet og den Polytekniske Læreanstalt, Selskabets Sekretær.

Thoroddsen, Thorvaldur, Dr. phil., Professor, Geolog, Ridder af Danebrog.

Ólsen, Bjørn Magnússon, Dr. phil., Professor i islandsk Filologi og Kulturhistorie ved Universitetet i Reykjavík, Ridder af Danebrog og Danebrogsmand.

Madsen, Thorvald Johannes Marius, Dr. med., Direktør for Statens Seruminstitut, Ridder af Danebrog, Officer af Æreslegionen, Ridder af den preussiske Røde Ørns Orden og af den svenske Nordstjerneorden.

Winge, Adolph Herluf, Viceinspektør ved Københavns Universitets Zoologiske Museum.

Blinkenberg, Chr., Dr. phil., Professor i Arkæologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog, Kommandør af den spanske Isabellaorden.

Kinch, K. F., Dr. phil., Arkæolog.

Vedel, Valdemar, Dr. phil., Professor i almindelig Litteraturhistorie ved Københavns Universitet.

Sandfeld Jensen, Kr., Dr. phil., Professor i romanske Sprog ved Københavns Universitet.

Sarauw, Chr. Preben Emil, Dr. phil., Professor i tysk Sprog og Litteratur ved Københavns Universitet.

Bock, Johannes Carl, Dr. med., Professor i Farmakologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog.

Brønsted, Johannes Nicolaus, Dr. phil., Professor i Kemi ved Københavns Universitet.

Hjelmslev, Johannes T., Dr. phil., Professor i deskriptiv Geometri ved den Polytekniske Læreanstalt.

Nielsen, Niels, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Københavns Universitet.

Petersen, Carl Georg Johannes, Dr. phil. & jur., Direktør for Dansk biologisk Station, Ridder af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af den russiske St. Stanislausorden, Ridder af den norske St. Olavs Orden og af den svenske Nordstjerneorden.

Poulsen, Valdemar, Dr. phil., Ingeniør, dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld med Krone.

Bjerrum, Niels, Dr. phil., Professor i Kemi ved den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

Fibiger, Johannes, Dr. med., Professor i pathologisk Anatomi ved Københavns Universitet.

Hansen Ostenfeld, Carl Emil, Dr. phil., Professor i Botanik ved den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

Krogh, August, Dr. phil., Professor i Dyrefysiologi ved Københavns Universitet.

Nørlund, Niels Erik, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Universitetet i Lund.

Bohr, Niels, Dr. phil., Professor i theoretisk Fysik ved Københavns Universitet.

Pedersen, Peder Oluf, Professor i Elektroteknik ved Polyteknisk Læreanstalt, dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld.

UDENLANDSKE MEDLEMMER

RETZIUS, MAGNUS GUSTAV, Dr. med. & phil., fh. Professor i Histologi ved det Karolinske mediko-kirurgiske Institut i Stockholm.

SIEVERS, EDUARD, Dr. phil., Professor i germansk Filologi ved Universitetet i Leipzig.

WUNDT, WILHELM, Dr. phil., Professor i Filosofi ved Universitetet i Leipzig.

LEFFLER, GÖSTA MITTAG-, Dr. phil., fh. Professor i Mathematik ved Højskolen i Stockholm, Kommandør af Danebrog og dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld med Krone.

NATHORST, ALFRED GABRIEL, Dr. phil., Professor, Intendant ved Riksmuseets botanisk-palæontologiske Afdeling i Stockholm.

SARS, GEORG OSSIAN, Professor i Zoologi ved Universitetet i Kristiania.

BREFELD, OSCAR, Dr. phil., Professor i Botanik, Direktør for det botaniske Institut i Breslau.

TEGNÉR, ESAIAS HENRIK VILHELM, Dr. phil. & theol., fh. Professor i østerlandske Sprog ved Universitetet i Lund.

BRØGGER, VALDEMAR CHRISTOFER, Professor i Mineralogi og Geologi ved Universitetet i Kristiania, Ridder af Danebrog.

HAMMARSTEN, OLOF, Dr. med. & phil., fh. Professor i medicinsk og fysiologisk Kemi ved Universitetet i Upsala.

KLEIN, FELIX, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Universitetet i Göttingen.

SCHWARZ, CARL HERMANN AMANDUS, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Universitetet i Berlin.

STORM, JOHAN FREDERIK BREDA, LL. D., Professor i romansk og engelsk Filologi ved Universitetet i Kristiania.

COMPARETTI, DOMENICO, fh. Professor i Græsk, Firenze.

SCHWENDENER, SIMON, Dr. phil., Professor i Botanik ved Universitetet i Berlin.

Söderwall, Knut Frederik, Dr. phil., fh. Professor i nordiske Sprog ved Universitetet i Lund.

Dörpfeld, Wilhelm, Professor, Dr. phil., første Sekretær ved det tyske arkæologiske Institut i Athen.

Pfeffer, Wilhelm, Dr. phil., Professor i Botanik ved Universitetet i Leipzig.

Bäcklund, Albert Victor, Dr. phil., fh. Professor i Fysik ved Universitetet i Lund.

Lord Rayleigh, John William Strutt, Dr. phil., D. C. L., Professor i Fysik ved Royal Institution, London.

Wilamowitz-Moellendorff, Ulrich von, Dr. phil., Professor i klassisk Filologi ved Universitetet i Berlin.

Schmoller, Gustav, Dr. phil., Historiker, Professor i Statsvidenskaberne ved Universitetet i Berlin.

Hertwig, Oscar, Dr. med., Professor i sammenlignende Anatomi og Direktør for det 2det anatomisk-biologiske Institut ved Universitetet i Berlin.

Picard, Charles-Émile, Medlem af det franske Institut, Professor i højere Algebra ved la Faculté des Sciences, Paris.

Vries, Hugo de, Dr. phil., Professor i Botanik ved Universitetet i Amsterdam.

Pettersson, Otto, Dr. phil., fh. Professor i Kemi ved Stockholms Højskole, Kommandør af Danebrog.

Brugmann, Friedrich Karl, Dr. phil., Professor i indo-germansk Filologi ved Universitetet i Leipzig.

Engler, Adolph, Dr. phil., Professor i Botanik ved Universitetet i Berlin.

Goebel, Karl, Dr. phil., Professor i Botanik ved Universitetet i München.

Hasselberg, Klas Bernhard, Professor, Fysiker ved Vetenskapsakademien i Stockholm.

Diels, Hermann, Dr. phil., Professor i klassisk Filologi ved Universitetet i Berlin.

Pavlov, Ivan Petrovič, Professor i Fysiologi ved det militærmedicinske Akademi i Petrograd.

Rhys Davids, T. W., Professor i Pāli og buddhistisk Litteratur ved University College i London.

Arrhenius, Svante, Dr. phil., Professor i Fysik ved Højskolen i Stockholm, Kommandør af Danebrog.

Kock, Axel, Dr. phil., Professor i nordiske Sprog ved Universitetet i Lund, Kommandør af Danebrog.

Noreen, Adolf Gotthardt, Dr. phil., Professor i de nordiske Sprog ved Universitetet i Upsala.

Meyer, Eduard, Dr. phil., Professor i Historie ved Universitetet i Berlin.

Wellhausen, Julius, Dr. phil., Professor i semitisk Filologi ved Universitetet i Göttingen.

Hildebrandsson, H. H., Professor i Meteorologi og Geografi ved Universitetet i Upsala, Kommandør af Danebrog.

Wille, N., Dr. phil., Professor i Botanik ved Universitetet i Kristiania.

Vogt, J. H. L., Professor i Metallurgi ved Universitetet i Kristiania.

Théel, Hjalmar, Dr. phil., fh. Professor og Intendant ved Riksmuseets Evertebrat-afdeling i Stockholm.

Tullberg, Tycho F., Dr. phil., Professor i Zoologi ved Universitetet i Upsala.

Hilbert, David, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Universitetet i Göttingen.

Ostwald, Friedrich Wilhelm, Dr. phil., fh. Professor i Kemi ved Universitetet i Leipzig.

Amira, Karl Konrad Ferd. Maria v., Dr. phil., Professor i tysk Ret og Retshistorie ved Universitetet i München.

Widman, Oskar, Dr. phil., Professor i Kemi ved Universitetet i Upsala.

Dewar, Sir James, Professor i Kemi ved Universitetet i Cambridge.

Noether, Max, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Universitetet i Erlangen.

Penck, Albrecht, Dr. phil., Professor i Geografi ved Universitetet i Berlin.

Segre, Corrado, Dr. phil., Professor i højere Geometri ved Universitetet i Turin.

Omont, Henri-Auguste, Medlem af det franske Institut, Konservator ved Manu-skript-Departementet i Bibliothèque Nationale i Paris.

Eriksson, Jakob, Dr. phil., fh. Professor, Forstander for den plantefysiologiske og landbrugsbotaniske Afdeling af Landbruks-Akademiens Experimentalfält ved Stockholm.

Hiortdahl, Thorstein Hallager, Dr. phil., Professor i Kemi ved Universitetet i Kristiania.

Tigerstedt, Robert, Dr., Professor i Fysiologi ved Universitetet i Helsingfors.

Fischer, Emil, Dr. phil., Professor i Kemi ved Universitetet i Berlin.

Langley, J. N., Dr., Professor i Fysiologi ved Universitetet i Cambridge (England).

Schück, J. Henrik E., Dr. phil., Professor i Æsthetik samt Litteratur- og Kunsthistorie ved Universitetet i Upsala.

Taranger, Absalon, Dr. jur., Professor i Retsvidenskab ved Universitetet i Kristiania.

Lavisse, Ernest, Medlem af Académie Française, Professor i moderne Historie, Direktør for École normale supérieure, Paris.

Vinogradof, Paul, Corpus Professor i Retsvidenskab ved Universitetet i Oxford.

Dreyer, Georges, Dr. med., Professor i Pathologi ved Universitetet i Oxford.

Kossel, Albrecht, Dr. med., Professor i Fysiologi ved Universitetet i Heidelberg.

Montelius, Oscar, Dr. phil., Professor, fh. Riksantiquarie, Stockholm, Kommandør af Danebrog.

Cederschiöld, Gustaf, Dr. phil., Professor i de nordiske Sprog ved Göteborgs Højskole.

Erman, Adolf, Dr. phil., Professor i Ægyptologie ved Universitetet og Direktør for det Ægyptiske Museum i Berlin.

Geikie, Sir Archibald, Geolog og Mineralog, Præsident for Royal Society i London.

Voigt, Woldemar, Dr. phil., Professor i Fysik ved Universitetet og Bestyrer af det fysiske Institut i Göttingen.

Goldziher, Ignacz, Dr. phil., Professor i semitisk Filologi ved Universitetet i Budapest.

Bertrand, Gabriel, Professor i biologisk Kemi ved Sorbonne og Direktør for det biologiske Laboratorium ved Institut Pasteur i Paris.

Haller, Albin, Medlem af det franske Institut, Professor i organisk Kemi ved Sorbonne i Paris.

Nernst, Walter, Dr. phil., Professor i fysisk Kemi og Direktør for det fysisk-kemiske Institut ved Universitetet i Berlin.

Griffith, Francis Llewellyn, Reader i Ægyptologi ved Universitetet i Oxford.

Hunt, Arthur Surridge, Dr., Lecturer i Papyrologi ved Universitetet i Oxford.

Scott, Dunkinfield Henry, fh. Honorary Keeper of the Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew, Præsident for Linnean Society of London og for Microscopical Society of London, East Oakley House.

Warburg, Emil, Dr. phil., Professor, Præsident for den fysisk-tekniske Rigsanstalt Charlottenburg, Berlin.

Bédier, Joseph, Professor i fransk Sprog og Litteratur ved Collège de France, Paris.

Bergson, Henri, Medlem af det franske Akademi, Professor i Filosofi ved Collège de France, Paris.

Boutroux, Émile, Medlem af det franske Akademi, Filosof, Direktør for Fondation Thiers, Paris, Kommandør af Danebrog.

Cumont, Franz, Dr. phil., Religionshistoriker.

Schäfer, Dietrich, Dr. phil., Professor i Historie ved Universitetet i Berlin, Kommandør af Danebrog.

Ward, James, Professor i Filosofi ved Universitetet i Cambridge, England.

Hadamard, Jacques, Medlem af det franske Institut, Professor i Mekanik ved Collège de France, og i mathematisk Analyse ved École polytechnique.

Macdonell, A. A., Professor i Sanskrit ved Universitetet i Oxford.

Schuchardt, H., Dr. phil., fh. Professor i romanske Sprog ved Universitetet i Graz.

Schwartz, E., Dr. phil., Professor i klassisk Filologi ved Universitetet i Strassburg.

Setälä, N. E., Dr. phil., Professor i finsk Sprog og Litteratur ved Universitetet i Helsingfors.

Lorentz, H. A., Dr. phil., Professor i Fysik ved Universitetet i Leiden og Kurator for det fysiske Laboratorium ved Teylers Stiftelse i Harlem.

Sherrington, Charles S., Professor i Fysiologi ved Universitetet i Oxford.

Hægstad, Marius, Professor i det norske Landsmaal og dets Dialekter ved Universitetet i Kristiania.

Nilsson, Martin P., Dr. phil., Professor i klassisk fornkunskap og Antikens historia ved Universitetet i Lund.

Olsen, Magnus Bernhard, Professor i oldnorsk og islandsk Sprog og Litteratur ved Universitetet i Kristiania.

Falk, Hjalmar S., Dr. phil., Professor i germansk Filologi ved Universitetet i Kristiania.

Lundell, J. A., Dr. phil., Professor i de slaviske Sprog ved Universitetet i Upsala.

DET
KEMISKE SYREBEGREBS
UDVIKLINGSHISTORIE INDTIL 1830

AF

S. M. JØRGENSEN

—

EFTERLADT MANUSKRIPT UDGIVET AF OVE JØRGENSEN
OG S. P. L. SØRENSEN

D. KGL. DANSKE VIDENSK. SELSK. SKRIFTER, NATURV. OG MATHEMATISK AFD., 8. RÆKKE. II. 1.



KØBENHAVN
HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI
1916

Det kemiske Syrebegrebs Udviklingshistorie.

La définition de l'acide est, à vrai dire, la clef de la chymie.
Guyton de Morveau (Encyclop. méthod.; Chymie, I, 27. Paris 1786).

Det er ikke sjeldent, at man, navnlig i Naturvidenskaberne, træffer Begreber, der, efterhaanden som Videnskaben udviklede sig, have skiftet Betydning, og det i en saadan Grad, at alle de Karakterer, som oprindelig bestemte Begrebet og gav det Navn, have maattet give Plads for andre. Hvad der oprindelig var det væsentlige, er efterhaanden blevet det tilfældige, og Forhold, som vare aldeles ubekjendte paa den Tid, da Begrebet opstilledes, ere blevne det afgjørende og bestemmende. Saaledes er det gaaet med Fysiologiens Grundbegreb Cellen. De første Mikroskopikere fæstede især deres Opmærksomhed paa Cellehinden; den var for dem det væsentlige, og den gav Cellen Navn. Først længe efter opdagedes Cellekjernen, og i vore Dage er Cellehinden blevet noget tilfældigt, der ingenlunde hører med til Cellens Begreb. Man har ikke blot Celler uden Cellehinde, men disse ere endog det primære, Cellehinden det sekundære, der ingenlunde altid dannes om Cellekjernen. Saaledes er det ogsaa gaaet med Kemiens Syrebegreb. Et saadant Begreb kunde naturligvis først opstilles, da man lærte flere Syrer at kjende, og dette synes først at være sket temmelig sent. I den antike Tid kjendte man kun Eddikesyre i fortyndet Tilstand, og man havde ingen Forestilling om, at de naturlige sure Plantesafter, som man naturligvis godt kjendte, indeholdt forskjellige Syrer. Mineralsyrerne vare ganske ubekjendte.

Vistnok mener Berendes[1]), at de gamle Hindulærde have kjendt Fremstillingen af Mineralsyrerne før Araberne. Efter ham fremstillede de Svovlsyre ved at forbrænde Svovl med Salpeter i stærke Lerkar og kaldte den Svovlessents (Gundukka attor[2]). Salpetersyre fremstilledes paa følgende Maade: De blandede Salpeter og Alun med en Vædske, som de fik ved at presse et Stykke Tøj, der var bredt over tæt voxende Cicer arietinum: ved Duggen blev Tøjet fugtigt og opsugede den Syre eller det sure Salt, som afsondres paa Plantens Blade og unge Skud og efter Vauquelin indeholder Oxalsyre og Eddikesyre. Med samme Vædske og med

[1]) Die Pharmacie bei den alten Culturvölkern, Halle a. S. 1891, **1**, S. 14—15.

[2]) efter Ráy (se nedenfor): Gundak ká áttar.

Alun og Kogsalt fik de Saltsyre. Blandingen ophededes stærkt i ildfaste Lerkar, og den frigjorte Syre fortættedes i et Forlag. Men BERENDES' Kilde er kun en Oversættelse af Ayur-Veda[1]). Og dette Værks Alder er meget problematisk. RÁY[2]), som selv er Hindu, stiller sig meget skeptisk overfor ganske lignende Angivelser af engelske Forfattere: ROYLE, Sir V. O'SHAUGHNESSY (Manual of Chemistry), AINSLIE o. a. hævde, at de gamle Indere kjendte Fremstillingen af Mineralsyrerne. Men disse Forfattere skrev for mere end et halvt Aarhundrede siden, de have deres Efterretninger paa anden Haand, og der er sandsynligvis ingen af dem, som har læst Sanskrit-Værker in Originali. AINSLIE giver følgende Forskrifter for Tilberedningen af Svovlsyre, Salpetersyre og Saltsyre hos Tamil-Fysikere i Sydindien:

Svovlsyre ved at brænde Svovl med lidt Salpeter i stærke Lerkar,

Salpetersyre ved at blande 20 D. Salpeter og 16 D. Alun med 18 D. af den sure Saft af Stængler og Blade af „the Bengal Horsegram" og destillere ved stigende Varme i en Retort, til al Syre er gaaet over,

Saltsyre ved at destillere 8 D. Salt og 6 D. Alun med samme Vædske paa samme Maade.

Det er altsaa ganske Ayur-Vedas Forskrifter.

Derimod fremhæver RÁY[3]), at Destillation af Alun og grøn Vitriol nævnes i Rasārṇava (som han sætter til 1000—1300 efter Chr.), men at det ikke er klart, om den saaledes erholdte Syre virkelig brugtes som Opløsningsmiddel. I samme gamle Værk er ogsaa omtalt forskjellige Blandinger under Navn af Viḍa, som efter Bestanddelenes brogede Beskaffenhed maa have indeholdt Kongevand, og om hvilke det ogsaa siges[4]), at de „would kill all the metals".

Af Forhold, som gjøre et saa tidligt Kjendskab til Mineralsyrerne, som BERENDES antager, lidet sandsynligt, kan ogsaa nævnes et Værk om de farmakologiske Grundsætninger, som ACHUNDOW (født Perser, men europæisk uddannet) har oversat[5]). Forfatteren, ABU MANSUR MUWAFFAK BEN ALI HARAWI, omtaler, ligesom PLINIUS og DIOSKORIDES, af Syrer kun Eddikesyre og forskjellige sure Plantesafter, men ikke Mineralsyrerne, der altsaa næppe kjendtes paa hans Tid, eftersom han støtter sit Værk paa et omfattende Studium af den græske, indiske, arabiske og persiske Medicin. Fremdeles omtales, hvad LIPPMANN[6]) har gjort opmærksom paa, Salpeter ikke i kinesiske Skrifter før c. 1150. I arabisk Litteratur nævnes det først af den spanske Araber IBN BUTHAR (1197—1248) i en Encyklopædi over Lægemidlernes Kræfter som „kinesisk Salt".

Meget snart efter omtales baade Salpetersyre og Kongevand af ALBERTUS MAGNUS (1193—1280), som fremstiller den første (aqua prima) ved Ophedning af

[1]) Susrutas Ayurvedas ... ex Sanscrita in Latinum sermonem vertit FR. HESSLER, Erlangæ 1844, **1**, S. 42.

[2]) P. C. RÁY: A History of Hindu Chemistry. 2 Ed. London 1907, **1**, S. 187.

[3]) Ibid. S. 64, 186.

[4]) Ibid. S. 72.

[5]) KOBERT. Hist. Studien, Dorpat 1893, **3**, 137—284.

[6]) Abh. u. Vorträge, Leipzig, 1906, S. 124.

2 D. romersk Vitriol, 2 D. Salpeter og 1 D. kalcineret Alun, medens han faaer Kongevand (aqua secunda) af 1 D. Salmiak og 4 D. aqua prima[1]). Ogsaa RAMON LULL (1235—1315) kjendte Salpetersyre og vidste, at den kan opløse Svovl[2]). Denne Opløsning indeholdt Svovlsyre. En egentlig Fremstillingsmaade ad denne Vej angaves først i 17. Aarh. af MARTE LA FAVEUR[3]). Svovlsyren skal iøvrigt allerede være fremstillet af RHAZES (ABUBEKR MOHAMMED BEN ZACHARIA), der levede 860—940, ved tør Destillation af Jernvitriol[4]). PSEUDO-GEBER synes at have vundet Svovlsyre ved tør Destillation af Alun (Kopp 3. 303). Saltsyre synes først temmelig sent at være bleven bekjendt. Endnu 1648 siger GLAUBER[5]), at den var den dyreste af alle Mineralsyrer og den, der var vanskeligst at fremstille. Den ældste sikre Angivelse skriver sig fra LIBAVIUS, som meddeler, at den kan fremstilles ved Ophedning af Kogsalt med Ler[6]). Ogsaa GLAUBER nævner denne Fremgangsmaade (som endnu var i Brug paa LAVOISIER's Tid), men tillige, at Syren kan vindes ved tør Destillation af Salt med Vitriol eller Alun. Ham skyldes dog ogsaa, hvad BOERHAAVE[7]) udtrykkelig fremhæver, den nuværende Fremstillingsmaade, Destillation af Kogsalt med Vitriololie.

Det, der var fælles for alle disse Syrer — andre bleve først langt senere bekjendte, — var deres sure Smag, deres Opløselighed i Vand og deres store Opløsningsevne, og disse Egenskaber regnede man til Midten af det 17. Aarhundrede for dem, der særlig karakteriserede et Stof som Syre.

Først BOYLE lærte nye Reaktioner at kjende, som kjendetegnede Syrerne som saadanne. Han viste, at en Opløsning af Svovl i Alkalier med Syrer (selv med Rhinskvin) gav et hvidt Bundfald af Svovlmælk[8]), at en Opløsning af Antimonium crudum (Svovlantimon) i Alkalier med Syrer gav et mørkegult Bundfald[9]), og at Syrer affarve en fortyndet ammoniakalsk Kobberopløsning[10]).

En fortyndet Opløsning af Lignum nephriticum viser sig i gjennemfaldende Lys gul, i reflekteret dybt og smukt himmelblaa. Denne blaa Farve forsvinder med Syrer og kommer igjen med Alkalier[11]).

---

[1]) ALB. MAGNUS: Compositum de Compositis (Theatr. chem. Argentorati, 1633, **4**, S. 937—938).

[2]) Testamentum, Cap. 60 og 62 (Mangeti Bibl. chem. Genevæ, 1702, **1**, S. 744—745).

[3]) Pratique de Chimie par S. MARTE LA FAVEUR, Montpellier 12⁰, 1671, S. 216; Journ. phys. **34**, 75.

[4]) Razis lumen luminum magnum (fundet af HOEFER (Hist. de la Chimie, 2 Ed., Paris, 1860, **1**, S. 341) i Man. Nr. 6514, fol. 113 (fra 14. Aarh.) i Bibl. nat. i Paris.

[5]) Furni novi philosophici, Amsterdam. 1648, 12⁰. **1**, 21.

[6]) In sale soluto exstingue candentes lateres, quos, ubi sat sunt poti, destilla; destillatum quidam nominant oleum salis viridis. Libavii Alchymia, Francofurti, 1606, Fol., S. 159.

[7]) Elementa Chemiae. Lugd. Bat. 1732, 4⁰. **2**, 408.

[8]) Svovlmælk, lac Sulfuris, var allerede langt tidligere bekjendt. Se PSEUDO-GEBER: De inventione veritatis, cap. VI. Se J. F. GMELIN: Gesch. d. Ch. **1**, 19.

[9]) The experimental History of Colours, 1663. (Works Ed. 1744, **2**, 66).

[10]) Ibid. Exp. XLI.

[11]) Ibid. S. 44—47. For dette, det første bekjendte Exempel paa Fluorescens, anfører BOYLE som Kilde: NIC. MONARDES: Liber simplic. ex India allator. Cap. 27 og ATHAN. KIRCHERI: Ars magna lucis et umbræ, lib. 1, pars 3, hvori der siges, at de indfødte i Mexico kalde Træet Coalle & Trapazalti. Stam-

Boyle viste ogsaa, at mange blaa Plantefarver blive røde med Syrer og grønne med Alkalier. Saaledes Violsyrup (som han ogsaa anvendte i Form af Prøvepapir[1]), Saften af Kornblomster og af mange andre Blomster og Bær. Han omtaler ogsaa Forsøg med Lakmus og beskriver de Farver, der fremkomme ved til den („topasgule“) saltsure Opløsning deraf at sætte en Potaskeopløsning[2]). Men han nævner ikke, at den blaa Lakmusopløsning bliver rød med Syrer, og anvender ikke Lakmus som Prøvemiddel paa Syrer[3]).

Alle disse nye Egenskaber hos Syrerne vare dog kun empiriske Kjendetegn, som først fik deres Betydning og Forklaring ved en helt ny Bestemmelse af Syrebegrebet, der omtrent samtidig fremkom, især i Værker af den westphalske Kemiker Otto Tacken[4]). Det væsentlige, som karakteriserer Syrerne, er efter ham ikke den sure Smag, ej heller deres Opløselighed og Opløsningsevne, men at de forene sig med Alkalier til Salt[5]). Og han drager strax den Konseqvens af dette nye Syrebegreb, at ogsaa Kiseljord, som forener sig med Alkalier til et opløseligt Glas, vel ikke paa den vaade Vej, men ved tør Smeltning, er en Syre, som, naar Glasset opløses i Vand, igjen kan udfældes ved en anden Syre[6]). Dette Glas maa være et Salt, fordi det

planten har hidtil været ubekjendt. Jeg har derfor henvendt mig til Hr. Apotheker H. J. Møller med Anmodning om mulig at skaffe mig Oplysning om, fra hvilket Træ Drogen stammer. Hr. Møller har derpaa indgaaende beskæftiget sig med Spørgsmaalet i flere Aar. Hans Undersøgelser desangaaende er offentliggjort i „Archiv for Pharmaci og Chemi“ **19**, 369, 404, 427, 457 (1912), og han har deri godtgjort, at Lignum nephriticum stammer fra en mexikansk Pterocarpus-Art.

[1]) Ibid. S. 53.

[2]) Ibid. Exp. XLIV.

[3]) Først i Hist. de l'Acad. Roy. des Sciences T. **1** (depuis son établissement en 1666 jusqu'à 1686), Paris 1733, findes under 1673 en Afhandling: Botanique et Chimie, hvori gjøres Rede for en Plan, som Dodart havde udkastet til en nøjere Beskrivelse af Planter, og hvortil Kemikeren Du Clos havde knyttet sine Bemærkninger. Her siger Du Clos (S. 163), at Plantesafter kunne være saa svagt sure, at man ikke kan smage det: „Il faut donc trouver quelque substance qui sache, pour parler ainsi, gouter plus finement que nous“, og dette er Tilfældet med en blaa Lakmusopløsning, som farves rød, naar den blandes med en sur Vædske, „quoique d'une acidité insensible, et ce rouge est d'autant-plus rouge que l'acide est plus fort“.

Jfr. ogsaa Mém. de l'Acad. des Sc. T. **4** (trykt 1731, men det er et Optryk: Du Clos' Afhandling skriver sig senest fra 1699; se Avertissement til T. 4), hvor Du Clos S. 39 ogsaa anvender Lakmus som Prøve paa, om Mineralvande „faisoient rougir le Tournesol, comme font l'Alun et le Vitriol“. Ibid. S. 492 ff. findes i en Afhandling af Dodart (trykt første Gang 1696) udførlige Oplysninger om Anvendelse af Lakmus som Prøve paa Plantestoffers Surhed.

Da Du Clos (Observationes super aquis mineralibus divers. provinc. Galliæ [1670—71]) har gjort opmærksom paa, at det allerførste Destillat af et Mineralvand farvede Lakmus rødt, uagtet det ikke var Tilfældet hverken med Vandet selv eller de senere Destillater, slutter Fr. Hoffmann (Opusc. physico-medica **2**, 26, Vlmæ 1736, 8°), „quod spiritus mineralis [Kulsyre] indolis fuerit acidiusculæ“.

[4]) Hippocrates chimicus, Venetiis 1666, 12°. Jeg citerer Brunsvig-Udgaven fra 1668, 12°. Og: Antiquissimæ medicinæ Hippocraticæ clavis, Brunswigæ, 1668. Jeg citerer Venedig-Udgaven fra 1669, 12°.

[5]) Omnia salsa in duas dividuntur substantias, in alkali nimirum et acidum (Hipp. chim. S. 11).

[6]) Vitrum fit ex eodem silice et eodem sale alcali, regula a contrario, non autem via humida, sed sicca & ignea fusione et liquidatione (ibid. S. 21) — reperies mox vitrum resolvi in aquam — huic affunde acidum id est alcali contrarium, et cadet silicum pulvis (ibid. 25).

bestaaer af Kiselsyre og Alkali, og heraf fremgaaer, at de, der antage, at der ikke findes faste Syrer i Naturen, have Uret[1]).

Som Bevis for, at Saltene bestaae af Syre og Alkali, anfører TACKEN Salmiak: Den sure Del (acidus spiritus) har alle de Egenskaber som den, der destilleres af almindeligt Salt, Alkaliet er det samme som det, der sublimeres af Urin[2]). Og omvendt dannes af Kogsaltets Syre og Alkaliet af Urin et nyt Kunstprodukt af salt Smag[3]). Beviset føres altsaa baade analytisk og synthetisk. Ogsaa Kaliumsulfat anføres som Exempel: Sætter man Svovlsyre (spiritus Vitrioli) draabevis til Kaliumcarbonatopløsning (sal tartari resolutum), til Brusningen (strepitus) ophører, og inddamper Vædsken til Krystallisation, eller indtørrer man det hele, faaes Tartarus vitriolatus[4]). Begge disse Fremgangsmaader til Synthese af Salmiak og Kaliumsulfat ere dog ikke TACKENS egne, men hidrøre fra ANGELO SALA, men uagtet ogsaa han siger: Sal Ammoniacum duabus partibus est compositum — id quod evidenter apparebit, si partem salis volatilis cum debita spiritus salis communis quantitate misceas[5]), saa drager han ingenlunde de Slutninger deraf som TACKEN. Tvertimod betragter han Saltene som usammensatte Stoffer[6]). Som den fortræffelige Kemiker, han er, regner han dog ikke Vitriol til Saltene, da han baade analytisk og synthetisk har overbevist sig om, at dette Stof bestaaer af 3 Bestanddele: Svovlsyre, Metal (Jern eller Kobber) og Vand[7]). Hvorledes TACKEN opfattede Vitriolerne, og om han betragtede dem og lignende Forbindelser af tunge Metaller som Salte, er uklart. Interessant er det, at han ogsaa fremstillede Kaliumsulfat ved Dobbeltdekomposition af Kobbervitriol og Kaliumcarbonat og endog langt foretrækker denne Fremgangsmaade for den ovenfor nævnte[8]). Derimod betragter han afgjort Sæber som Salte

---

[1]) Vitrum, quod saporis salsi esse debet, quia ex acido silicis & alcali fixo compositum est — his intellectis rursus instruimini contra negantes, acidum fixum esse in natura (Antiquiss. Hipp. med. clavis. S. 52—53).

[2]) Hipp. chim. S. 11—12.

[3]) Ibid. S. 13.

[4]) Ibid. S. 53—54.

[5]) ANGELI SALÆ Vicentini Opera medica-chymica, qvæ exstant omnia. Francofurti 1647, 4⁰ (udgivet efter hans Død af F. BEYER), S. 246. Kaliumsulfat fremstiller han af olei Tartari per deliquium (henflydt Potaske) unc. iii og olei seu spiritus vitrioli unc. fere i (ibid. S. 731).

[6]) Omnia corpora, quæ salium nomine censentur, corpora simplicia ac incomposita habenda sunt. Ibid. S. 387.

[7]) Som Exempel paa hans ypperlige Ræsonnement skal jeg her anføre hans Yttringer om Vitriol: Neque sal est, neque recte in salibus numeratur vitriolum ... vitriolum est compositum, quod cohæsu trium substantium, spiritus nimirum sulphuris mineralis, aquæ communis & ferri sive cupri generatur (ibid. S. 248), og fremdeles: Separatur in tres hasce præcipuas substantias, aquam videlicet, spiritum sulphuris et mineram (Metal) ... et per medium conjunctionemque trium prædictarum rerum artificiali quodam modo vitriolum facere possumus, quod eandem formam, colorem, claritatem, splendorem vitricum, pondus, odorem justum aliasque proprietates obtinebit, quas in naturali vitriolo deprehendimus (ibid. S. 387).

[8]) Multo præstantior & perfectior fit [tartarus vitriolatus] ex vitriolo crudo, in aqua soluto, et liquore tartari affuso, donec non amplius turbetur, quod punctum saturationis cum tædio reperitur unica nimiro guttula superantis ... Clarum liquorem coagula in cristallos splendentes (Hipp. chim. 54).

og Olier som indeholdende en skjult Syre[1]). Ogsaa i Flammen antager han en saadan skjult Syre og forklarer derved Metallernes Vægtforøgelse ved Forkalkningen[2]). Hvorvidt han i Konseqvens hermed ogsaa har antaget et skjult Alkali i Metallerne og deraf forklaret deres Opløsning i Syrer, har jeg vel ikke fundet nogen Udtalelse i hans Skrifter om, men at denne Anskuelse er kommen til Orde hos andre samtidige Kemikere[3]), fremgaaer af, at Boyle polemiserer mod denne Opfattelse, ligesom han overhovedet stærkt udtaler sig mod Spagyrikernes Lære, at Syrer og Alkalier ere fjendtlige Principer[4]). Tilhængerne af denne Lære kalder han spottende „duellists". Det er ikke videnskabeligt at definere en Syre ved dens Fjendskab overfor Alkalier. Ligesaa godt kunde man definere et Menneske som et Dyr, der er fjendtligt overfor Slanger, eller en Løve som et firføddet Dyr, der flygter for en galende Hane.

Den Fordring, som maa stilles til Principer, som skulle forklare andre Ting, — fortsætter Boyle — er, at de selv ere klare, men de Definitioner, Kemikerne give af Syrer og Alkalier, ere unøjagtige og overfladiske uden klare og bestemte Kjendemærker. Thi at sige, at naar et Stof opløser et andet, som er opløseligt i den eller den kjendte Syre, maa det selv være en Syre, eller at naar et Stof fælder et andet ud af en sur Opløsning, maa det være et Alkali, er ganske usikkert. Zinkspaaner opløses f. Ex. baade af stærke Syrer og af stærke Alkalier. Og der er Stoffer, som fældes ud af deres sure Opløsninger ved Syrer og ved Vædsker, som ikke indeholde det mindste Alkali. Saaledes fældes en Opløsning af Vismut i Salpetersyre baade af Saltsyre og af rent Vand. Heller ikke den Varmeudvikling, Syrer ofte frembringe, naar de virke paa andre Stoffer, er et sikkert Kjendetegn. Thi ikke blot Vitriololie, men ogsaa Ædsalkalier frembringe stærk Varme ved at blandes med Vand. Det er bekjendt, at der udvikles Varme ved Opløsning af Metaller i Syrer. „Duellisterne" erklære, at dette hidrører fra, at Syren virker paa et Alkali, som findes skjult i Metallet. Men uden at tale om, hvor mange Ting her forudsættes uden Bevis, eller om, at B. kjender Syrer, som virke paa visse Alkalier uden kjendelig Varmeudvikling, saa er det vanskeligt at forstaa, hvorledes hin Aarsag kan frembringe en Virkning, der bestaaer i en heftig Bevægelse af Legemernes mindste Dele (quality which depends upon a certain vehement and various agitation of the singly insensible parts of bodies). Guld og Kobber kunne ved Slag bringes til en meget høj Temperatur, uden at der er Spor af Syre tilstede. B. nævner en Mængde andre Forhold, som aldeles ikke lade sig forklare af det forudsatte Fjendskab mellem Syrer og Alkalier. Dette, ledsaget af Venskab eller Sympathi for Legemer, der høre

[1]) Alcali et oleum fit sapo: ex alcali nimirum manifesto & acido occulto in oleo, fit aliquid neutri, salsi saporis (Ibid. S. 20).

[2]) In ignis flamma est aciditas quam plumbum & antimoninm combibere ostendi (ibid. S. 245).

[3]) Angelo Sala antog derimod i Henhold til den gamle Regel, at det Lige forbinder sig med det Lige, at Metallerne indeholde et „sal potentiale" af lignende Natur som Syrerne, og at dette var Grunden til, at de opløste sig i Syrer: Solventia acuta recludunt & dissolvunt corpora metallica & lapidea vi corrosiva spirituum acrium, qui propter similem quandam ac homogeneam naturam, sal potentiale, quod in se reliquæ metallorum lapidumque substantiæ continent, dissolvunt. (Opera omnia. S. 241).

[4]) Reflections upon the hypothesis of Alkali and Acidum. (Works. Ed. 1744, 3, 602 ff.).

til samme Familie, er Følelser, som kunne tillægges Intellekter, men ere meningsløse hos livløse Ting.

Efter saaledes skarpt at have kritiseret den gængse Anskuelse om Syrernes Natur udvikler han i en anden Afhandling[1]) sin egen Opfattelse:

Syrer og i det hele Opløsningsmidler maa bestaae af Smaadele, der 1) ere smaa nok til at trænge ind i de fine Porer eller Spalter af det Stof, som skal opløses, men dog ikke ere saa smaa, at de passere igjennem dem (som Lysstraaler gjennem Glas), 2) have en til Øjemedet passende Form, 3) ere stive og stærke nok til at trænge ind og skille det opløselige Stofs Partikler, 4) ere tilstrækkeligt bevægelige.

Naar Druesaften f. Ex. ved Gjæring gaaer over til Eddike, maa det formodes, at de faste Partikler ved gjentagen og hyppig Slidning blive skarpe som Egge af Knive eller smaa Sværd, eller at Bevægelsen maaske blotter Partikler, som iforvejen have disse Egenskaber, men laa skjulte og indhyllede af andre Smaadele. Den saaledes dannede Eddike indeholder da Masser af Partikler, som paa Grund af deres Egge eller deres paa anden Maade skarpe og gjennemtrængende Form ere saa sure og ædsende, at de kunne opløse Koraller, Krebseøjne, visse Stene, ogsaa Mønie, Blykalk eller Kobber [under Luftens Adgang][2]). Især virke Syrerne i Varme, som gjør Delenes Bevægelse hurtigere og heftigere, hvilket tydelig nok er en mechanisk Virkning.

Den Anskuelse, Boyle saaledes udviklede, at Syrernes væsentligste Egenskaber hidrørte fra deres mindste Deles spidse og skarpe Form, slutter ogsaa Mayow sig til, men hos ham kommer et ganske nyt Moment til, nemlig, at det er en Bestanddel af Luften, som han kalder Spiritus nitro-aëreus, og som i Virkeligheden er Ilt[3]), der tilsliber og skjærper Smaadelene af de syredannende Stoffer.

Udførligst udvikler han for Svovlets Vedkommende, hvorledes han tænker sig, at det ved Ilt gaaer over til Svovlsyre. Hidtil mente man, at Svovlet indeholdt en Syre, som ved Svovlets Forbrænding blev fri, og, naar en Glasklokke holdtes derover[4]), samlede sig som Svovlsyre[5]), men Mayow finder det lidet troligt, at en saa

[1]) Experiments and Notes about the mechanical origin or production of corrosiveness, 1676; Works, Ed. 1744, **3**, 624 ff.

[2]) Her nævner B. ikke denne Betingelse for Kobberets Opløsning, men ved en anden Lejlighed er han fuldstændig klar derover. Kobber og Ammoniak (spirit of urins) holder sig farveløs, naar Luften ikke kommer til, men naar Luften har Adgang, bliver Vædsken blaa, og Luftens Elasticitet formindskes [ɔ: der sker en Luftabsorption]. Works, Ed. 1744, **4**, 25.

[3]) Se S. M. Jørgensen: Om Iltens Opdagelse (Vid. Selsk. Skr. [7] **4**, 208 ff.)

[4]) Fremstilling af Svovlsyre „per campanam" beskrives udførligt og med Tegning af N. Le Fèvre (Traité de la Chymie, 1669, **2**, S. 416).

[5]) Allerede Pseudo-Geber (se om Iltens Opdagelse S. 218) antog, at alle brændbare Stoffer indeholdt Sulfur, hvorved han ikke forstod almindeligt Svovl, men en vis unctuositas, pinguitudo, som var Aarsag til Brændbarheden. Det almindelige Svovl var i saa Henseende ikke forskjelligt fra andre brændbare Legemer. Det indeholdt en Aarsag til Sønderdeling nemlig inflammabilem substantiam (Geber: Summa perfectionis magisterii; Mangeti Bibl. chem. **1**, 540). Naar Paracelsus siger: „Das, da brennt, ist Sulfur", saa mener han ikke det almindelige Svovl, men et Element, hvis særegne Karakter er Brændbarhed. Ganske i samme Betydning hedder det hos Dan. Sennert (De Chymicorum cum Aristotelicis &

ædsende Syre skulde findes i et Legeme, der som Svovl snarest har en sødlig, men aldeles ikke nogen sur Smag[1]), og det viser sig ovenikjøbet tydeligt ved, at naar Svovl opløses i et Alkali til Hepar sulfuris og derpaa opløses i Vand, kan det udfældes igjen ved Svovlsyre, thi dette vilde være umuligt, hvis det var paa Grund af sit Indhold af Svovlsyre, at det opløste sig i Alkaliet[2]). Mayow antager derfor, at Svovl foruden det egentlige brændbare Stof (præter particulas sulphureas puras) indeholder en Substans af saltagtig eller metallisk Natur, og at dennes Partikler under Forbrændingen „crebris particularum nitro-aërearum ictibus verberentur, atterantur comminuanturque, ita ut particulæ eæ salinæ, sæpius attritæ et contusæ tandem instar gladiolorum exacuantur & insuper adeo attenuantur, ut eædem à rigidis solidisque, in flexiles fluidasque convertantur. Particulæ verò sulphuris salinæ, quæ antea indolis fixæ fuerant, postquam ita exacuuntur & ad fluorem producuntur, in liquorem acrem acidumque convertuntur, spiritumque sulphuris vulgarem, ut verisimile est, constituunt“[3]).

Paa samme Maade gaaer Marchasit i fugtig Luft over til Jernvitriol, idet Spiritus nitro-aëreus med Marchasitens sulphur metallicum (sml. ovenfor) danner Svovlsyre, som saa virker paa Mineralets Metalpartikler og forbinder sig med dem til Vitriol[4]). Ogsaa Salpetersyre dannes i Jorden paa samme Maade. Thi Agerjord er ikke andet end brændbare Bestanddele (Sulfur) og Alkali (sal fixum), af hvilke de første angribes af Spiritus nitro-aëreus og omdannes til Salpetersyre, som med sal fixum danner Salpeter[5]). Naar Vin og Øl gaaer over til Eddike, beroer det ligeledes paa, at de brændbare Bestanddele angribes af Luftens Spir. nitro-aëreus. Men da de allerede ere i flydende Tilstand, er den sidstnævntes Virkning her mindre indgribende, og heri ligger det vel, at Eddike er en mindre skarp Syre end Svovlsyre og lignende stærke Syrer[6]).

Syrernes Forskjellighed maa antages at hidrøre fra de syredannende Stoffers Forskjellighed, men tillige fra, at disse angribes mere eller mindre af Spiritus nitro-aëreus. Men alle Syrer have dog stor Lighed i Egenskaber, og de indeholde alle Spir. nitro-aëreus[7]).

Galenicis Consensu et Dissensu, Wittenbergæ, 1629, S. 182): Sulphuris autem proprium est, esse φλογιστόν, et nil sine sulphure inflammatur. Det 17de Aarhundredes Iatrokemikere kalde dette Princip Oleum. Sylvius siger udtrykkelig om Oleum: hujus vim immutat et destruit ignis (Disp. de alimentorum fermentatione in ventriculo, 1659), og om det almindelige Svovl: Sulfur omne oleo imprimis constare et acido spiritu [Svovlsyre], notum est chymicis (Praxeos medicinæ idea nova 2, Cap. xxiij). Det er denne Tanke, Mayow sigter til. Allerede Boyle (The sceptical Chymist, Works, Éd. 1744, 3.) havde af et Forsøg, hvorved han ved Ophedning af Vitriololie med Terpentinolie fik Svovl, sluttet, at man herefter vel kunde antage, at Svovl bestod af Svovlsyre og Olie, men ogsaa drage den Slutning, at Svovlsyre var sammensat af almindeligt Svovl og et saltagtigt Princip.

[1]) Mayow, Opera omnia. Hagæ Cim. 1681, 12°, S. 29.

[2]) Ibid. S. 209. [3]) Ibid. S. 30. [4]) Ibid. S. 35. [5]) Ibid. S. 37—38. [6]) Ibid. S. 36—37.

[7]) Quoad differentiam liquorum acidorum, eam à diversitate salium, è quibus iidem constituuntur, procedere putandum est: uti etiam ex eo, quod salia fixa (de faste Stoffer) nunc magis, nunc verò minus a spiritu nitro-aëreo atterantur exacuanturque: & tamen inter salia acida quæcunque affinitas magna est & similitudo: inque omnibus particulæ nitro-aëreæ igneæque, veluti in subjecto idoneo, hospitantur. Ibid. S. 38—39.

Boyles mekanistiske Anskuelser om Syrernes Natur udvikledes i de yderste Konseqvenser, ja næsten til det barokke af N. Lemery i hans berømte Cours de Chymie[1]), som paa Grund af sin klare og forstaaelige Form udkom i mange Udgaver og blev oversat paa mange Sprog. Her hedder det: En Vædskes Surhed beroer paa, at den indeholder spidse Smaadele i Bevægelse, og jeg troer ikke, at nogen vil nægte, at Syrerne bestaae af Spidser, eftersom alle Forsøg vise det. Man behøver blot at smage paa dem for at faae denne Mening. Thi de frembringe en stikkende Fornemmelse paa Tungen ganske af samme Art som den, et Legeme, der er forsynet med meget fine Spidser, vil fremkalde. Men et talende og overbevisende Bevis paa, at Syrerne bestaae af spidse Smaadele, er, at ikke blot alle Syrer selv krystallisere i Spidser, men at alle Opløsninger af forskjellige Stoffer i Syrer krystallisere i denne Form. Krystallerne ere sammensatte af Spidser, der ere forskjellige i Længde og Tykkelse, og man maa antage, at disse Forskjelligheder hidrøre fra de forskjellige Syrers mere eller mindre skarpe Spidser. Det er ogsaa denne Forskjel i Spidsernes Finhed, som gjør, at en Syre trænger ind i og let opløser et Stof, som en anden ikke kan sønderdele (rarifier): „ainsi le vinaigre s'empreint de plomb que les eaux-fortes ne peuvent dissoudre; l'eau régale est le dissolvant de l'or, et l'eau forte n'y fait point d'impression, l'eau forte au contraire dissout l'argent, & elle ne touche point l'or, & ainsi du reste“[2]).

Endnu mere detailleret udtrykker han sig med Hensyn til den Omstændighed, at Saltsyre fælder Mercuronitrat: „Pour résoudre cette difficulté, il faut concevoir que, quoique par la sensation nous nous appercevions que les acides font tous un même effet, qui est de picoter et de pénétrer, ils diffèrent néanmoins tous en figures des pointes; car selon qu'ils ont reçu plus ou moins de fermentation, ils ont aussi par conséquent de pointes plus ou moins subtiles, aiguës et légères, c'est ce qui se fait assez connoître non seulement par le goût, mais même par la vue, car si vous faites cristalliser une même espèce de matière que vous avez dissoute en divers vaisseaux par l'esprit de sel, par l'esprit de nitre, par l'esprit de vitriol, par l'esprit d'alun, & par vinaigre, vous remarquerez autant d'espèces de cristaux en figure qu'il y a eu de dissolutions différentes: Les cristaux faits par le vinaigre seront plus aigus que ceux qui auront été préparés par l'esprit de nitre; ceux de l'esprit de nitre seront plus aigus que ceux de l'esprit de vitriol, ceux de l'esprit de vitriol seront plus aigus que ceux de l'esprit d'alun, mais de tous ces cristaux il n'y en aura de plus grossiers que ceux qui ont été préparés par l'esprit de sel, car ces cristaux retiennent la figure des parties qui les composent. Cela supposé, il sera aisé d'expliquer notre précipitation; car le sel, ou son esprit qui est composé de pointes plus grossières, ou moins délicates que celles de l'esprit de nitre, tombant sur cette dissolution, il choquera, il ébranlera, il rompra facilement les pointes chargées du corps de mercure, & il leur fera lâcher prise, d'où vient que le mercure se précipite par sa propre pésanteur“[3]).

[1]) Paris, 1675, 8°. Jeg citerer Barons Udgave i 4°, 1756.

[2]) l. c. S. 232 f.

[3]) Ibid. S. 232.

Heller ikke Fr. Hoffmann nægter sig noget i den Slags Betragtninger. Ved Syrer forstaaer han ikke blot Stoffer, som have en sur Smag, og som bruse med Alkalier, thi en saadan kogende Bevægelse fremkaldes ogsaa af Vitriololie med Vand og af en hvilkensomhelst Vædske uden nogen Tilsætning i det lufttomme Rum: „Sed acidum vocamus, quod figura & mole tale est, nimirum, quod ex punctis oblongis, rigidis & acutis constat, et poros constantiores, materia aërea repletos habet. Ex quo & acidum magis grave ac densum est, & pressuram suam in corpora obvia magis exercet, illa dividendo, discontinuando ac resolvendo, adeo ut ex his facile possit dari ratio, cur acida attenuant incidant viscidos humores; cur claustra metallorum ac mineralium summa cum activitate reserent; cur facile cohaesionem in fluidis v. gr. lacte, sanguine &c. efficiant, dum nimirum particulis suis oblongis, figura ad motum minus apta gaudentibus, fluidorum particulas, figuræ sphæricæ ad motum aptissimæ, in motu suo intestino sistunt, & motum conversionis circa suum axem facile impediunt, sicque ad implicationem & cohæsionem ansam suppeditant. . . . Cæterum prout figura acidorum variat, cuspidibus magis minusque prominentibus, scindentibus, rigidis aut prouti magis minusque particulas sibi admixtas habet terreas, variat quoque ipsum acidum ratione effectuum suorum ac virium“ [1]).

Alkalierne derimod skildrer han som havende „particulas obtusas, quæ quasi domicilium ac hospitium præbent moleculis, illis figura tali scindente præditis“ [2]).

Hvorledes Fr. Hoffmann søgte at kombinere disse Anskuelser med Flogistikernes Acidum primigenium, skal nærmere blive omtalt nedenfor.

De mekanistiske Fantasier fik ingen Indflydelse paa Syrebegrebets Udvikling. De vare jo af den Natur, at de aldeles ikke kunde støttes af Experimenter, og der blev heller aldrig gjort noget Forsøg derpaa. Saa betydningsfuld Mayow's Spiritus nitro-aëreus i anden Henseende var, var den Rolle, han tildelte den, at tilslibe og skjærpe de syredannende Stoffers Smaadele, for saaledes at bringe sine Anskuelser i Overensstemmelse med Boyles, et af de svageste Punkter i hans Theori. Allerede Baron tog i sine Noter til Lemerys Cours de Chymie (Edit. 1766) stærkt Afstand fra hans dristige Paastande [3]).

Guyton de Morveau forkaster aldeles den mekanistiske Syretheori og erklærer den for en fysisk Roman [4]). Denne Lære skylder os desuden Forklaring af den mekaniske eller fysiske Aarsag til den Kraft, som bestemmer Partiklernes Virkning, og da vi se, at Alkalierne angribe flere Metaller f. Eks. Zink paa selv samme Maade som Syrerne, „il faudrait supposer encore que leurs élémens seroient tantôt pointes, tantôt étuis, suivant les circonstances [5])“. Guyton de Morveau mener derimod, at

[1]) Fr. Hoffmann. Dissertationum physico-chymicorum Trias [qvarum prima: De generatione Salium], Halæ. Magdeb. 1729, 4°, S. 6.

[2]) Ibid. S. 12.

[3]) S. 233, Note e.

[4]) Il faut rejeter absolument le système des anciens Chymistes, qui nous représentaient les acides comme des pointes, & les alkalis comme des étuis disposès à les recevoir: ce n'est là qu'un roman physique. Guyton de Morveau, Maret et Durande: Élémens de Chymie; Dijon, 1777, 8°, **2**, S. 4.

[5]) Ibid. S. 5.

Syrernes ejendommelige Egenskaber hidrøre fra deres Partiklers større Tiltrækningskraft, en Tanke, som først er udtalt af NEWTON, og som BUFFON har udviklet videre[1]).

NEWTONS Anskuelser om Syrerne finder jeg samlede i I. HARRIS' Lexicon technicum, London 1710. Fol. I Introduktionen til Vol. 2 findes 2 Afsnit derom: „De natura acidorum. Is. Newton, 1692", og „Cogitationes variæ ejusdem", hvilket sidste dog ogsaa omhandler andre Gjenstande[2]). Her definerer han Syrer saaledes: „Acidum dicimus, quod multum attrahit & attrahitur". Han mener, at Syrernes Partikler ere grovere end Vandets og derfor mindre flygtige, men langt finere end Jordens og derfor langt mindre faste. De have deres Styrke i deres store Tiltrækningskraft, og paa denne beroer den Virksomhed, hvorved de baade opløse faste Legemer og pirre Smagsorganerne. Deres Natur ligger mellem Vandets og de faste Legemers, og de tiltrække begge. Paa Grund af deres Tiltrækningskraft samle de sig om Mineraliers og Metallers Partikler og klæbe sig allevegnefra saa tæt til dem, at de ikke kunne skilles fra dem ved Destillation eller Sublimation. Tiltrukne og sammenhobede adskille, splitte og løsrive de de faste Legemers Partikler ɔ: de opløse de faste Stoffer, og ved den Tiltrækningskraft, hvormed de styrte sig over Vædskens Partikler, sætte de dem i Bevægelse og fremkalde Varme[3]), og nogle Partikler ryste de saa stærkt, at de omdanne dem til Luft og frembringe Luftbobler. Dette er Grunden til Opløsningen og Brusningen: „Hæ eædem [acidorum] particulæ sensorio applicatæ ejus partes eodem modo divellunt doloremque inferunt, a quo acida appellantur". Alkalier ansaa han ikke for Stoffer, der ere Syrerne modsatte, men som Forbindelser af Jord med et Underskud af Syre, og som fælde opløste Metaller ved at tiltrække den Syre, der holder dem opløste.

De Tanker, NEWTON saaledes havde mere antydet end udviklet, optog BUFFON, vistnok det sidste Forsøg, der er gjort paa at opbygge en kemisk Theori paa de fire gamle Aristoteliske Elementer. Han havde den største Despekt for Flogiston, som dengang blev lagt til Grund for alle Kemiens theoretiske Betragtninger: „Le fameux Phlogistique des Chimistes (être de leur méthode plutôt que de la nature) n'est pas un principe simple & identique, comme ils nous le présentent; c'est un composé, un produit de l'alliage, un résultat de la combinaison des deux élémens, de l'air & du feu fixés dans les corps. Sans nous arrêter donc sur les idées obscures & incomplêtes, que pourroit nous former la considération de cet être précaire, tenons-nous-en à celle de nos quatre élémens réels, auquels les Chimistes, avec tous leurs nouveaux principes, seront toujours forcés de revenir ultérieurement"[4]). I Overensstemmelse hermed udviklede han en Theori for Salte (Syrer og Alkalier), hvori kun de gamle Elementer optræde, idet han antager, at baade Ild, Luft og

[1]) Ibid.

[2]) Ganske kort findes de samme Anskuelser udviklede i Newtons Optics, London 1719, 8⁰, S. 391 (Quest. 31), dog forsigtigt indledede med et „Annon?".

[3]) „Calor est agitatio partium quaquaversum" hedder det et andet Sted i samme Indledning.

[4]) Hist. natur. Supplément. Paris, 1774, 8⁰, **1**, S. 61. BUFFONS Ytringer om Flogiston bleve udførligt imødegaaede af MACQUER (Dictionnaire de Chimie 2 Éd. Paris 1778, 8⁰, **3**, 127 ff.).

Vand i fast Tilstand (fixes) indgaa i Legemernes Sammensætning. Saltet — siger han[1]) — synes ved første Øjekast kun at være en Jord, som er opløselig i Vand og af en egen Smag, og saaledes mene Kemikerne. Dog forekommer det ham klart, at ogsaa Luft og Vand indgaa i dets Sammensætning, eftersom Salpeter, Vitriol, Vinsten efter HALES ved Ophedning give en stor Mængde Luft og „comme l'air ne peut se fixer dans aucune substance qu'à l'aide de la chaleur ou du feu, qui se fixent en même temps", maa de ogsaa indeholde Elementet Ild. Jord og Vand indgaa i forskjellig Mængde i de forskjellige Salte. Alkalier indeholde mere Jord og mindre Vand, Syrer omvendt mere Vand og mindre Jord[2]).

I Syrerne er Vandet tildels tilstede som saadant, men i de stærkest koncentrerede Syrer kan den flydende Tilstand kun hidrøre fra Ild, da Flydenhed altid forudsætter Tilstedeværelse af en vis Mængde Varme. Ja, selv om man fik Syrerne i fast Form, vilde deres Smag, Lugt og Farve allerede forudsætte Tilstedeværelse af Varme og Lys ɔ: Ild. Ved at gløde Kalksten har han overbevist sig om, at Alkali er et Produkt af Ild. Kalkstenen har ingen Smag, men jo længere og stærkere den brændes, desto mere alkalisk bliver den. Alkaliet er her aabenbart et Produkt af Luft og Ild, der under Brændingen er traadt ind og blevet faste Bestanddele af Stenen, som samtidig har afgivet Vand, hvad der viser sig ved Vægttabet[3]). M. H. t. Syrerne gjælder det samme, om det end ikke kan paavises saa direkte. BUFFON fører alle Syrer tilbage til én Syre og alle Alkalier tilbage til ét Alkali. Forskjelligheden hidrører fra den relativt forskjellige Mængde af de forskjellige Elementer og især af de aktive Elementer, Ild og Luft. De Syrer, som indeholde meget af disse, ere de stærkeste ɔ: de have den største Opløsningsevne. Men ogsaa Affiniteten spiller en afgjørende Rolle. Den samlede Virkning maa være stærk nok til at overvinde det opløselige Stofs Kohæsion. NEWTON er den første, som lægger Affiniteten til Grund for de kemiske Omsætninger, men BUFFON mener, at hans Theori hverken kunde blive klar eller fuldstændig, fordi han er nødt til at antage ligesaa mange smaa Affinitetslove, som der er kemiske Fænomener, istedenfor at der i Virkeligheden kun er en eneste Affinitetslov, som er nøjagtig den samme som Loven for den almindelige Tiltrækning, og at følgelig alle kemiske Fænomener maa udledes af og forklares af denne[4]).

Saltenes Rolle i Naturen er altsaa at opløse andre Stoffer, thi skjøndt man sædvanlig siger, at Vand opløser Salt, er det let at se, at det er et fejlagtigt Udtryk, som beroer paa, at man i Almindelighed kalder Vædsken Opløsningsmidlet og det faste Legeme det Stof, som opløses. Men naar Opløsning finder Sted, ere i Virkeligheden begge Stoffer virksomme og kunne begge kaldes Opløsningsmidler, kun at, naar man betragter Saltet som Opløsningsmidlet, kan det opløste Stof være baade fast og flydende, og forudsat, at Saltets Dele ere tilstrækkelig fintdelte til at

[1]) L. c. S. 155.
[2]) Ibid. S. 157.
[3]) Ibid. S. 159.
[4]) Ibid. S. 162.

komme i Berøring med det andet Stofs Dele, maa man sige, at begge ere lige virksomme ved Opløsningsprocessen[1]).

Saa aandrigt og glimrende BUFFON's store Afhandling var skrevet, hvoraf jeg her kun har kunnet fremdrage de vigtigste Træk i hans Syretheori, maa man dog indrømme, at den blev ganske uden Betydning. De fire Elementers Tid var uigjenkaldelig forbi. Derimod fik Flogistontheoriens Acidum universale en indgribende Indflydelse i Syrebegrebets Udviklingshistorie. Vel vedblev dette Begreb i Flogistikernes Hænder at være højst uklart, ligesom de Beviser, de søgte at føre for dets Realitet, vare ualmindelig luftige. Men at det havde Udviklingsmuligheder i sig, viste sig, da det udmundede i LAVOISIER's Principe acidifiant, som en Tidlang antoges for at være et Stof, der ikke blot fandtes i alle Syrer, men som netop var det, der gav dem Karakter af Syrer. Dog ogsaa Principe acidifiant viste sig, efter at den store Strid om Saltsyrens Iltholdighed var endt med Opfattelsen af Chlor som et Grundstof, ude af Stand til at forklare Syrernes Natur. Ikke desto mindre har Begrebet Acidum universale bevaret sin Levedygtighed, og endda paa et overordentlig omfattende Omraade, idet alle Carbonsyrer jo antages at indeholde Oxalsyre (Carboxyl) som den Bestanddel, der karakteriserer dem som Syrer, saa at det langt overvejende Antal Syrer i Virkeligheden kan siges at være mere eller mindre modificerede Oxalsyrer.

Flogistontheorien var i fuldstændig Konseqvens med sig selv, naar den, ligesom den hidledte Legemers Brændbarhed fra et ejendommeligt Brændstof, Flogiston, saaledes ogsaa antog, at Syrernes Egenskaber beroede paa, at de indeholdt et ejendommeligt Surstof, Acidum universale. Begge Ideer tilskrives almindeligt I. I. BECHER, men ganske med Urette. Begge disse Tanker ere meget ældre end BECHER. For Flogistons Vedkommende fremgaaer det allerede af, hvad der er anført ovenfor S. 9, Anmærkning 5. For Acidum universales Vedkommende omtaler allerede ANGELO SALA som noget ganske sikkert og ingenlunde som nogen ny Tanke, at alle Mineralsyrernes sure Egenskaber have en og samme Oprindelse, nemlig Svovlsyre, og at deres Forskjellighed hidrører fra forskjellige Stoffer, hvormed denne Syre er blandet eller forbunden[2]). Disse klare Udtalelser staa i en velgjørende Modsætning til BECHER's dunkle, forvirrede og selvmodsigende Yttringer i Physica subterranea[3])

[1]) Ibid. S. 163.

[2]) Da dette ikke synes at være bekjendt, skal jeg anføre ANGELO SALAS forskjellige Yttringer derom: 1) Verum est ac certissimum, omnia corpora acida mineralia acrimoniam suam obtinere a sulphure, quod est unica basis et origo absoluta omnium aciditatum mineralium. ANG. SALA: Opera omnia. S. 386—387. 2) Si vapor prodiens à sulphure est causa omnium aquarum acidularum mineralium, unde procedit, dictas aquas differentes esse inter se qua gustu, qua odore? Ibid. S. 389. 3) Illud ipsum non debemus attribuere diversitati sulphuris aut aquæ: nam sulphur semper est & manet sulphur, & aqua semper aqua, men det maa hidrøre fra diversitates quibus permixta sunt. Ibid. 390. 4) Spiritus Vitrioli nihil aliud est nisi fuligo sulphurea cum quantitate aquæ — ac illud ipsum humidum in sublimatione sulphuris productum, potius ab ambiente aëre contractum esse, quam ab ipjus sulphuris indissolubili quodammodo substantia promanare. Ibid. S. 405.

[3]) Bogen udkom først som: Actorum laboratorii chym. Monacensis seu physicæ subterraneæ libri duo, 12⁰. Francofurti 1669, derpaa under Titlen: Physica subterranea (med tilføjet Specimen Becher-

om Acidum universale, som han ogsaa kalder Acidum primigenium, spiritus esurinus, acetum naturæ, solvens catholicum. Han betegner den som principium subterraneorum succorum remotissimum og quasi prima omnium mineralium succorum materia[1]). Men naar han skal udtale sig nærmere om den, sker det paa en Maade, der lader det ganske uvist, om han mener, at den nærmest er at søge i Saltsyre eller Svovlsyre. Paa den ene Side hedder det: „Nemo miretur, nos statuere, sal commune ex acido universali originem trahere, et quidem seposita aliqua terra, unde prodicti acidi aciditas et basis sequitur“[2]), og i Overensstemmelse hermed: „Acidum universale est spiritus salis calcis terra alteratus“[3]). Men i stik Modsætning hertil siger han et andet Sted[4]): „cum nempe acidum universale metalla solvit, hinc vitriola: quorum tot species sunt quot metalla ... ex ipso enim Mercurio Vitriolum composui, nihilo sine sulphurico acido addito“, og hermed stemme hans Definitioner[5]): „Sal vitrioli constat ex metallo & acido universali“ og: „Sulphur ex bitumine terræ & acido universali“, ligesom hans Udtalelse[6]): „sulphur constans ex sali acido & nostra secunda terra“ (ɔ: terra pinguis = Stahl's Flogiston = Jatrokemikernes oleum). Og mellem disse Modsigelser kan der næppe findes en Forsoning i Becher's dristige Oplysning[7]): „Ex sale communi sulphur commune ardens præparari posse: experientia probat“.

Det gjør unægtelig herefter en oplivende Virkning, naar han slutter sin Phys. subt. saaledes: „Bono itaque animo ad definitiones quasdam compositorum & decompositorum[8]) subterraneorum me accingam, glaciemque in hoc genere sat obstinatam et solidam perfringam: cui haec non placent, der mache es besser“.

Som det fremgaaer af mange Steder i Stahl's Skrifter, betragtede han afgjort Svovlsyre som Universalsyre: „Salia (Syrer) et imprimis quidem universale illud acidum“ betragter han som Forbindelser af Vand med Becher's terra prima[9]). At

ianum', udgivet af Stahl, Lipsiæ 1703. 2 Voll. 8⁰. Endelig i Editio novissima. Lipsiæ, 1738, 4⁰. Denne Udgave citerer jeg.

[1]) Ibid. S. 43.

[2]) Ibid.

[3]) Ibid. S. 272.

[4]) Ibid. S. 269.

[5]) Ibid. S. 272.

[6]) Ibid. S. 70—71.

[7]) Ibid. S. 33.

[8]) Dette sigter til hans Inddeling af de blandede Stoffer: „Quæ in positivo mixta sunt, simplicia vocantur, quæ in comparativo, composita, quæ in superlativo, decomposita & superdecomposita“.

[9]) Becher antager som Elementer i de mineralske Stoffer tre saakaldte Jordarter, terra prima (vitrescibilis eller lapidea), terra secunda (pinguis) og terra tertia (mercurialis). Dette er dog aabenbart kun nye Navne paa Paracelsus' Tria prima (Sal, Sulphur, Mercurius). Om disses Sammenhæng med de 3 almindelige Mineralsyrer udtaler han: „Prima terra revera in spiritu vitrioli seu sulphuris, altera in spiritu nitri, tertia in spiritu salis latet“ (Phys. subt. S. 268). Herom mener dog Stahl, at ligesaa indlysende og sikker Bechers Lære kan synes med Hensyn til de to første, ligesaa dunkel og usikker tilstaaer han, at den er for den tredie: „Quantumcunque vero hisce nostris duabus terris subterraneorum primordialibus, evidentiæ, lucis & testimonii, conquisitum sperare ausim, tantum pro tertia nostra Becheriana terra, quam mercurialis prosapiæ προπάτορα declarat, obscuritatis subesse & confiteor et profiteor“ (Spec. Bech. S. 78).

de indeholde Vand, beviser han dels ved deres fugtige og flydende Beskaffenhed, dels ved deres Tilbøjelighed til at forene sig med Vand. At de indeholde terra vitrescibilis, ses af, at Borax ved Ophedning paa den ene Side afgiver Vand, paa den anden Side efterlader en glasagtig Masse[1]. I sit Hovedforsøg, hvor han fremstiller Svovl af Svovlsyre og Flogiston, udtaler han udtrykkelig, at Saltsyre og Salpetersyre ere Modifikationer af Svovlsyre[2].

At Acidum universale var at søge i Svovlsyre, var ogsaa en almindelig Mening hos alle betydende ældre Flogistikere, men at der kom kætterske Anskuelser frem til Fordel for Saltsyre, nævnes bl. a. af Juncker, som i sin Conspectus Chymiæ har givet en meget fuldstændig og omhyggelig Fremstilling af Flogistontheorien i dens Anvendelse paa hele Kemiens Omraade. Han anfører nemlig, at der i den allersidste Tid er nogle, som mene, at Saltsyre er Ac. univers., og at Svovlsyre er en Forbindelse af Saltsyre med terra prima vitrescibilis[3]; man maa afvente, hvilke Grunde de kunne fremføre for denne Anskuelse[4]. Neumann meddeler, at nogle have yttret Tvivl om Bechers og Stahls Lære om Universalsyren, idet de dels mene, at den indeholder noget mere end Jord og Vand, dels antage, at Saltsyre og ikke Svovlsyre er Ac. univers. For det sidste anføre de, at Saltsyre forekommer i Naturen i langt større Mængde, og at den findes udbredt i alle tre Naturriger, og især i Plante- og Dyreriget[5]. Men det var dog først senere, da man ikke blot begyndte at tvivle om Universalsyrens, men om selve Flogistontheoriens Berettigelse, at der fremkom de forskjelligste Meninger om, hvilken Syre der var at betragte som Universalsyre, idet snart Meyer's Acidum pingue, snart Fosforsyre, snart Kulsyre fra forskjellige Sider bragtes i Forslag.

I Flogistontheoriens Glandsperiode var Svovlsyre dog saa at sige hors de concours. Den kaldes ac. univ. eller primigenium, dels fordi den er vidt udbredt i alle Naturriger og fra Mineralriget, hvorfra den oprindelig stammer, gaaer over til de andre og ved at indgaae i Forbindelser eller Blandinger snart antager Karakter af et Plante-, snart af et Dyrestof, og atter fra denne sin Tilværelse i Opløsninger og som Salte vender tilbage til sin oprindelige Simpelhed — et Kredsløb i Naturen, som højlig er at beundre —, dels fordi den danner Kilden og Oprindelsen til alle andre Syrer og Salte, ved at forskjellige Forbindelser eller Blandinger forene sig med den. Saaledes udtrykker Juncker[6] sig omtrent, og denne Udtalelse dækker paa det nærmeste, hvad Stahl selv siger[7], men mere uklart.

---

[1] Spec. Bech. S. 62, 77. Sml. Stahl's Beweisz von den Saltzen. Halle, 1723, 8⁰, S. 7, 55.

[2] „Accipio itaque acidum, et quidem vitrioli aut sulphuris, non nitri aut salis communis, quia hæc duo salia mixtione nova & tenuissima (e sulphuris seu vitriolico acido & alia specifica substantia) specificata adeoque ad hanc simpliciorem mixtionem subeundam, eo ipso, quod jam aliter mixta sunt, inepta existunt“ (Stahlii Opuscula chym. phys. med., Halæ Magdeb. 1715, 4⁰, S. 313).

[3] Conspectus Chemiæ, Halæ Magdeb. 1738, 4⁰, **2**, 204.

[4] Ibid. 230.

[5] Neumann: Chymia Medica, Züllichau, 1749, 4⁰, 1. Bd. 1. Abth. S. 66.

[6] Consp. chem. **1**, 116, **2**, 185.

[7] Spec. Bech. S. 24.

I ganske anderledes højt stemte Toner udtaler Fr. Hoffmann[1]) sig om Ac. univ.: Det aktive Princip i Saltene, hvoraf deres Kraft, Virksomhed og deres Smaadeles hurtige Bevægelse afhænger, er et eneste, nemlig denne Verdens „Sal universalissimum, æthereum, simplicissimum ac spirituosissimum", og som fuldstændig har Karakter af en Syre. Dette sal primigenium, som er hele Naturens Virkemiddel, Grunden til al Bevægelse, Flydenhed, Varme og Lys, har sin Kilde i selve Solen, der er ligesom et overvældende Hav af dette ætheriske Salt i renere og fastere Form. Derfor frembringer dette, der paa forskjellig Maade bevæges, modificeres og koncentreres, ved Forskjelligheden af de Jordarter, hvormed det forener sig, i Forhold til disses Smaadeles Overflader, Dimensioner og Form, de forskjellige Arter af Salte.

Udtrykkene „æthereum" og „spirituosissimum" pege hen paa, at Hoffmann identificerer Sal primigenium med Mayows Spiritus nitro-aëreus, hvis uudtømmelige Kilde ogsaa Mayow finder i Solen. Samtidig hævder dog Hoffmann, at det er identisk med Svovlsyre[2]).

Grundene til overhovedet at antage en saadan Acidum universale er naturligvis svage, og der skal en god Villie til for at tillægge dem Beviskraft. De kunne resumeres saaledes[3]). Ac. univ. skiller sig fra alle andre Syrer i Sammensætning og Oprindelse. Den bestaaer nemlig alene af Vand og terra vitrescibilis, hvorfor den med Rette kaldes primigenium, medens alle andre Syrer desuden indeholde andre Bestanddele. Salpetersyre indeholder saaledes desuden Flogiston, hvad der viser sig ved, at den i fast Form som Salpeter antænder sig med alle brændbare Legemer[4]); Saltsyre en Jord (terra mercurialis), som gjør alle Legemer flygtige og flydende[5]), hvorimod Svovlsyre gjør dem fastere[6]).

Af andre Grunde til at antage en Ac. univ. eller rettere til at identificere denne med Svovlsyre anførtes, at dennes Vægtfylde var større end alle andre Syrers, at den var tungere flygtig end baade Saltsyre og Salpetersyre, at den var langt stærkere end nogen anden Syre og uddrev alle andre Syrer af deres Salte, at den fremfor alle andre Syrer frembragte heftig Brusen baade med Jordarter, Vand og Spiritus vini. Desuden findes den i alle 3 Naturriger, medens de øvrige Syrer have hver sit Rige. I denne Anledning skal oplyses, at den antoges tilstedeværende i alle Mineralier[7]), at alle Marchasiter, Talk, Galmei, Bjergkrystal, Kiseljord antoges ved

[1]) Diss. phys. chym. Trias. Halæ Magd. 1729, 4°, S. 14, 15.

[2]) „Spiritus ille mineralis, qui per totum globum terrarum ejusque sinuosos & anfractuosos meatus circumgyratur ac circulatur: sulphureæ acidæ naturæ est". Ibid 17.

[3]) Sml. Junckers Conspectus 2, 200 ff.

[4]) „Acidum nitrosum in sua textura complecti substantiam inflammabilem monstrat ejus, in siccum corpus nitrum reducti, accensio cum omnibus inflammabilibus". (Spec. Bech. S. 138).

[5]) „Salis [acidi] terra omnia corpora volatilia & fluida reddit" (Phys. subt. 41). Her sigtes til Sublimat, butyrum Antimonii, Salmiak, Tinchlorid.

[6]) „Vitrioli e contra seu acidi universalis [terra] omnia fixit et adstringit" (Stahlii Opusc. phys. chem. med. S. 585).

[7]) „Omnes mineræ e terra extractæ sal vitrioli & sulphureum acidum custodiunt". Fr. Hoffmann. Diss. phys. chemicarum Trias 1729 1, S. 17.

Destillation at give denne Syre[1]). Desuden fandtes den i alle Lerarter, fordi man ved Destillation af Kogsalt og Salpeter med Ler kunde faae Saltsyre og Salpetersyre, [hvad der naturligvis beroer paa, at Ler sædvanlig indeholder fri Kiselsyre]. STAHL siger herom: „Die eigentliche Ursache ist eine acida substantia im Leimen, die da mache, dass der Spiritus übergehe, daher man auch den Leimen nicht mehr als einmahl brauchen kan. Und wenn man viel Leimen nimmt, so bekommt man desto mehr spiritum“[2]). Det maa desuden erindres, at Svovl antoges at bestaae af Svovlsyre med en forholdsvis ringe Mængde Flogiston, og at Ac. univ. saaledes blev en Bestanddel af alle naturlige Svovlmetaller. Fremdeles antoges den naturligvis i mere eller mindre modificeret Tilstand i alle sure Frugter, men ogsaa i mange andre Vegetabilier, fordi man af Askens Opløsning ofte fik Kaliumsulfat udkrystalliseret. At den fandtes i Dyr fulgte af, at Dyrene leve af Planter. Men især fremhæves ofte dens rigelige Forekomst i Luften[3]). Som Beviser anføres: „reductio salis alcali fixi in enixum solius liberi aëris beneficio“[4]). Fremdeles, at Marchasit omdannes til Jernvitriol ved længere Henstand i Luften[5]). FR. HOFFMANN[6]) anfører som yderligere Beviser paa Virkningen af „Sal illud æthereum quod aër in sinu suo fovet & recondit“: Salpeterets Dannelse i Salpeterjord, Aluns Dannelse af „minera aluminis, quæ nil nisi terra quædam nitrosa“, Jernvitriols Gjendannelse af „caput mortuum spiritus vitrioli bene exustum“, og især den Omstændighed, at Alun, glødet saa stærkt, at intet Spor af Salt bliver tilbage, „sed saltim terra spongiosa, levis et prorsus insipida“, i Luften tiltager i Vægt til over det dobbelte, hvorefter der igjen kan udtrækkes en stor Mængde Alun af Massen, endelig at „oleum tartari per deliquium“ (henflydt Potaske), som er farvet grøn med Violsyrup, i Luften efterhaanden bliver brun („mutatur in obscure brunum“), men i Vacuum vedbliver at være grøn.

Denne Misforstaaelse, at Ac. univ. = Svovlsyre udgjorde en væsentlig Bestanddel af Luften, og som spillede en saa stor Rolle i Bevisførelsen, holdt sig længe. Endnu 1762 siger en saa fremragende Kemiker som POTT: „Dass in der Luft ein Acidum Vitriolicum enthalten sey, davon bin ich gewiss[7])“. Det var først BERGMANN, som viste, at naar de fornødne Forsigtighedsregler tages, kan Svovlsyre ikke

---

1) GLAUBER: Furni novi philosophici Amsterdam, 1648, 12⁰, **1**, 63.

2) STAHL: Fundamenta chymiæ, Norimbergæ 1747, 4⁰, **3**, S. 190.

3) „Sal illud primum & originale purum continetur maxime in aëre“. Ibid. Éd. 1732, **1**, 50.

4) Spec. Bech. S. 106. Ved Enixum forstaaes Kaliumsulfat: „sale illo, ut vocant, enixo, seu medio, quod ex acido vitrioli & sale alcali fixo coalescit“. Ibid. S. 65. Ordet hidrører fra PARACELSUS. GLAUBER (Tract. de natura salium, Amstelodami 1658. 12⁰, S. 67—68) ved ikke „was er durch diesz unteutsches Wort enixum anzeigen will“, men han selv (G.) kalder det Sal mirabile.

5) Marcasita sulphurea, quæ nihil aliud est quam sulphur cum terra Martiali vinctum, diu aëri libero trananti opposita mutatur in vitriolum elegans (Fund. chym. Ed. 1732, **1**, S. 50). Juncker (Conspectus **2**, 204) forklarer dette saaledes, at ved Luftens Indvirkning fjernes dels Svovlets Flogiston, partim acidum extrinsecus adhærecit.

6) Diss. phys. chem. Trias **1**, S. 16, 17.

7) POTT: Physikalisch-Chymische Materien, Berlin 1762, 4⁰, S. 31.

paavises som en Bestanddel af Luften. Især maa man forvisse sig om, at Alkaliet er rent, thi ofte findes Tartarus vitriolatus i nybrændt Aske[1]).

Men Hovedmanglen i Bevisførelsen for en Ac. univers. er dog, at Forsøg, hvorved den virkelig omdannedes til andre Syrer eller andre til den, i Grunden ganske fattedes. STAHL anfører vel som sandsynligt, at Saltsyre i Organismen omdannes til Salpetersyre, fordi denne lettest vindes af Urin og Exkrementer, medens dog baade Mennesker og Dyr nyde meget Kogsalt, men saa at sige intet Salpeter[2]). Ogsaa af et direkte Forsøg slutter han, at Saltsyre kan omdannes til Salpetersyre (ibid. S. 187—188): Ved Opløsning af Jerntraad i kold Saltsyre blev et sort Pulver tilbage, som opløstes i varm Saltsyre, og herved omdannedes samtidig en Del af denne til Salpetersyre, som dels kjendtes paa Lugten, dels farvede Korkproppen gul. SCHEELE mente, sikkert med Rette, at begge Dele hidrørte fra Chlor[3]). Men naar baade MACQUER[4]) og næsten med de samme Ord KOPP[5]) fortælle, at STAHL forsikrer, at han har omdannet Svovlsyre til Saltsyre og Salpetersyre og omvendt reduceret Saltsyre og Salpetersyre til deres oprindelige Tilstand som Svovlsyre, men at han ikke har offentliggjort sine Forsøg i denne Retning (hvorfor Macquer tilføjer: „ces transformations d'acide sont encore un probléme non resolu"), saa ved jeg ikke, til hvilket Sted i Stahls Skrifter, de sigte, maaske til følgende: „Sed loquor l. all. de vitriolici spiritus seu acidi vitrosi, communis [salis] seu culinaris mutua conversione, ad quam ut quilibet ita præceps irrumpat, vix fiet, nam & sæpes illic sunt & sentes. Sed hæc in transitu"[6]).

Allerede ganske faa Aar efter STAHL's Død (1734) tog POTT Spørgsmaalet op i en større Afhandling og kom, trods sin store Veneration for STAHL til den Slutning, at endnu ingen med tilstrækkelige Beviser havde godtgjort Existensen af den universelle acidum primigenium[7]). Og senere, da POTT's skeptiske Stilling overfor Universalsyren havde givet J. H. G. v. JUSTI Anledning til en Afhandling: „Erweis, dass nur ein saueres Salzwesen in der Natur ist, welches sich nach Maasgebung der Salze und Erden, womit es sich vereiniget, in verschiedene Arten verändert"[8]), saa gjendrev POTT Punkt for Punkt JUSTI's hazarderede Paastande og efterviste, at de Beviser, han anførte for dem, samtlige beroede paa Misforstaaelser og mangelfulde Kundskaber i Kemien[9]). Saaledes viser han, at JUSTI's Forsøg paa at omdanne Saltsyre til Svovlsyre ved at gløde Kogsalt, Jerntveilte og Kul og udtrække Massen

---

[1]) K. Sv. Vet. Ak. Handl. 1773, S. 170.

[2]) Beweisz von den Saltzen, Halle 1723, 8⁰, S. 129, 139.

[3]) SCHEELE's Werke, herausg. von Hermbstädt **2**, 61 (Vom Braunstein, S. 26).

[4]) Dictionn. de Chymie 2 Éd., Paris 1778, 8⁰, **1**, S. 8.

[5]) Gesch. d. Chem. **3**, 16.

[6]) STAHLII Opusc. chym. phys. med. Halæ Magdeb. 1715, 4⁰, S. 310.

[7]) „Universalitas hujus acidi primigenii jam ea non paucis annis naturæ indagatoribus strenuis arrisit, sed qui hanc rem sufficientibus experimentis declaret, hactenus inventus est nemo". (Observ. et Animadvers. Chym., Berol. 1739, 4⁰, **1**, S. 19).

[8]) JUSTI's Gesammelte Chymische Schriften, Berlin u. Leipzig, 1761, 8⁰, **2**, S. 221.

[9]) POTT: Physikalisch-Chymische Materien, Berlin, 1762, 4⁰, S. 31—46.

med Vand ikke, som JUSTI mener, giver Krystaller af Jernvitriol, men en anden Slags grønne Krystaller (Jernchlorure), og at ligeledes de Forsøg, hvorved JUSTI mente at have fremstillet Svovl af Saltsyre og Salpetersyre ved at ophede henholdsvis Kogsalt og Salpeter med Kul, ikke gav Svovl, med mindre Saltsyren og Salpetersyren indeholdt Svovlsyre.

Imidlertid forkaster POTT ingenlunde i Principet en Ac. univers. Han har tvertimod stærk Formodning om, „dass es nur ein allgemeines acidum in der Natur gebe, welches durch die besondere Vermischungen zu dieser oder jener speciellen Art sich determiniret. Aber was das für eines sey, darin bin ich noch in Zweifel, das vitriolische und das gemeinsalzige balanciren noch ziemlich mit einander".

Ogsaa FRANZ DEMBSCHER[1]) imødegik skarpt JUSTI's løse Ræsonnementer og uholdbare Paastande, men han gik videre end POTT og fremhævede stærkt, at „diese allgemeine Säure weder synthetisch noch analytisch erwiesen ist", og at, da man aldrig har paavist, hvad det er for Stoffer, der betinge Syrernes Forskjellighed, „so wird man den wesentlichen Unterschied der sauren Salzen [ɔ: Syrerne] als einen guten Grund, die allgemeine Luftsäure zu verwerfen, gelten lassen".

Samtidig, ja tildels endog tidligere hævede der sig i Frankrig Røster, som forkastede hele den BECHER-STAHL'ske Theori om en Universalsyre, som skulde ligge til Grund for alle andre Syrer, og som selv skulde bestaae af en terra vitrescibilis og Vand. DEMACHY spørger med Rette: „Le principe vitrifiable & le principe aqueux, en supposant qu'ils existent, sont ils différents de l'eau & de terre dans lesquels se résolvent enfin tous les sels? est-ce une conséquence bien raisonnable de conclure, qu'une chose est composée de deux substances & n'est composée que d'elles parce qu'à force de torture on fait évanouir tout excepté ces deux substances?[2])". BAUMÉ forkaster ikke blot Svovlsyre som Acide primigène, men overhovedet en Acide primigène. Selv om det virkelig skulde lykkes at omdanne alle Syrer til Svovlsyre, vilde dette blot bevise, at Syrerne ere meget sammensatte Forbindelser, og at Svovlsyre er den simplest sammensatte[3]). GUYTON DE MORVEAU siger, at den Del af STAHL's System, hvorefter Svovlsyre er „le principe ou l'élément de tous les autres acides", kun vilde kunne bevises ved Omdannelser, paa hvilke „on n'a pu trouver aucun exemple"[4]).

Men hvor fast indgroet den Forestilling var omkring Midten af det 18. Aarh., at man virkelig havde omdannet de forskjellige Mineralsyrer til hverandre, uagtet i Virkeligheden ingen vidste noget nøjere derom, derom foreligger et karakteristisk Vidnesbyrd af en saa nøgtern Kemiker som JOH. FR. MEYER i følgende Udtalelse[5]):

---

[1]) Abhandlungen einer Privatgesellschaft in Böhmen, Prag. 1776, 8⁰, **2**, S. 98. J. F. GMELIN (Gesch. d. Ch. 1799, **3**, S. 387—388) siger kuriøst nok: „F. DEMBSCHER und E. L. WERNBERGER nehmen noch eine Universalsäure in Schutz". Tvertimod bekæmpe de den begge paa det heftigste.

[2]) DEMACHY: Instituts de chymie, Paris 1766, 8⁰, **2**, 398.

[3]) BAUMÉ: Chymie expér. Paris, 1773, 8⁰, **1**, 212—214.

[4]) GUYTON DE MORVEAU, MARET et DURANDE: Élémens de chymie, Dijon, 1777, 8⁰, **2**, 19—20.

[5]) JOH. FR. MEYER: Chym. Vers. z. näherem Erkenntnisz des ungelöschten Kalcks, Hannover u. Leipzig 1764. Jeg citerer 2. Udgave, Hannover 1771, S. 364.

„Der wahre Hauptgrund aller Säuren scheint einerley zu seyn, welches vornehmlich daraus erhellet, dass sich das eine Acidum in das andere verwandeln lässt. Man hat Experimente, wobey das Acidum vitrioli in ein Acidum salis und dieses wieder in ein Acidum nitri verkehret wird. Man will auch Versuche haben, dass sich das Acidum nitri wieder in ein Acidum vitriolicum verkehren lasse, Ich würde hiervon mehr sagen, wenn mir alle diese Versuche bekannt waren und ich mich genügsam darinnen geübet hatte".

Som man ser, udtaler MEYER sig dog med et stærkt Forbehold om Sagen, og i Virkeligheden er han mest tilbøjelig til at antage, at Universalsyren er identisk med hans Acidum pingue. Jeg skal m. H. t. denne her blot fremhæve følgende. Naar Kalksten brændes, ved M. meget vel, at den aftager betydelig i Vægt, men dette, siger han[1]), kan kun hidrøre fra, at Vand gaaer bort[2]). Samtidig, mener han, forandres Kalkstenen til et Slags Salt, idet den af Ilden optager en ejendommelig Syre, Causticum eller Acidum pingue, der — ligesom BOYLE's „igneous particles"[3]) — ogsaa gaaer gjennem Glas og Porcelæn og gjør Kalken kaustisk og opløselig i Vand. Denne Acidum pingue, kan overføres paa [kulsure] Alkalier, som derved selv blive kaustiske[4]). Naar Kalkvand eller kaustiske Alkalier staae hen i Luften og derved tabe deres kaustiske Egenskaber, forklarer han det ved, at de afgive deres Ac. pingue til Luften[5]). Ogsaa ved alle sædvanlige Forbrændinger dannes denne og findes derfor i umaadelige Mængder i Luften[6]). Naar uædle Metaller ophedes i Luften, optage de Ac. pingue og ligeledes, naar de fældes af deres Saltopløsninger ved Kalkvand eller kaustiske Alkalier, idet Kalken eller Alkalierne forene sig med den Syre, som holdt Metallet opløst[7]). Den Mængde Ac. pingue, Kvægsølv optager, naar det fældes af en Sublimatopløsning med Kalkvand, bestemmer han endog kvantitativt, idet han finder, at det udvaskede og tørrede Bundfald har en Vægt, der er 82,3 % af det anvendte Sublimats Vægt (beregnet 79,7), altsaa er langt større end Sublimatets Procentindhold af Kvægsølv (73,8). Af det lufttørrede Bundfald faaer han 80 % flydende Kvægsølv ved et Forsøg, hvori han nødvendig maa lide Tab[8]). Det er øjensynligt, at i flere af disse Forsøg er Ac. pingue ligefrem = Ilt. Han kunde derfor med en vis Ret mene, at Acidum pingue var det virkelige Syreprincip, den virkelige Acidum universale. Men skjøndt det synes at ligge nær, drager han ikke den Slutning, at ogsaa Svovl og Fosfor ved deres Forbrænding optage Ac. pingue. Han mener tvertimod ligesom Flogistikerne, at Svovl bestaaer af Vitriololie og Køn-

---

[1]) Ibid. S. 17, 30—31.

[2]) Endnu 1775 antog BERGMAN, som vidste, at Kalkspat var kulsur Kalk, og som angiver dens Tab ved Brænding til 45 % (rigtig 44 %), at kun de 34 % var Kulsyre, de 11 derimod Krystalvand (Opusc. phys. chem., Lipsiæ 1778, 8°, **1**, 22—23 cf. Acta Soc. Reg. Upsal. 1775, **2**).

[3]) Works. Éd. 1744, **3**, 621.

[4]) MEYER: Chym. Vers. o. s. v. S. 51.

[5]) Ibid. S. 51, 222.

[6]) Ibid. S. 183—184.

[7]) Ibid. S. 129—130.

[8]) Ibid. S. 125.

røg, og at denne Sidste, naar Svovlet brænder, delvis forener sig med Vitriololien til Spiritus sulfuris volatilis, delvis forbrænder og optages af Luften som Ac. pingue. Det blev derfor ikke ham, der kom til at opstille Ilten som principium aciditatis. Naar han mener, at hans Acidum pingue i Virkeligheden var Universalsyren, er det kun, fordi alle de 3 Mineralsyrer have noget af Ac. pingues Egenskaber. Naar Svovlsyre forener sig med Kalk til Gibs, som er tungtopløseligt i Vand, viser Ac. pingue det samme Forhold, idet den forener sig med Kalk til tungtopløselig brændt Kalk: „Ist das Acidum nitri am meisten feurig, so ist es das Ac. pingue auch“. Og er Saltsyre den flygtigste, saa er ogsaa Ac. pingue en Luftart. Han anser det derfor for ikke usandsynligt, at ikke blot Salpetersyre og Saltsyre, men ogsaa Svovlsyre ere dannede og endnu dannes af Ac. pingue ved Forbindelse med et andet Stof. Forener den sig med „ein subtiles, vielleicht thonische oder kieselichtes Erdwesen“, saa opstaaer Svovlsyre. Forbinder Ac. pingue sig med „ein gewisses Wesen, welches aus den faulenden Körpern heraustritt“, saa dannes Salpetersyre, og naar „ein gewisses flüchtiges mineralisches Wesen, vielleicht das jenige welches wir mercurialisches nennen“ forener sig dermed, saa bliver den til Saltsyre[1]).

Man ser, hvor nær han troer at maatte slutte sig til de gamle Becher-Stahl'ske Antagelser. Han indskrænker sig til at føre et Bevis for sine Formodninger ved at pege paa Salpetersyrens Dannelse i lukkede Kjældere. Thi at den ubetydelige Mængde Svovlsyre, her kan være tilstede i Luften, skulde være Grunden, finder han utroligt, medens det er sikkert, at de kalkede Mure indeholde Ac. pingue, og ligesaa sikkert, at her ere „subtile Ausdünstungen aus faulenden Körpern“, hvilke paa det inderligste forene sig med Ac. pingue i Murene.

En halv Snes Aar efter at Meyer's Bog var udkommen, udtalte Sage tilsyneladende ganske ejendommelige Meninger om Ac. universale, idet han holdt „l'acide phosphorique pour l'acide primitif, l'acide universel ou élémentaire, dont tous les autres ne sont que des modifications[2])“. I Dyrene omdannes Fosforsyre til acide animal[3]), i Planterne til acide végétal, og denne modificeres ved Gjæring til l'acide de vin, l'acide tartre og selv til l'acide de vinaigre efter at være undergaaet Eddikegjæring[4]). Svovlsyre, mener han, er ogsaa en Modifikation af Fosforsyre, skjøndt han endnu ikke ser sig i Stand til at angive den Virksomhed, som er Aarsagen til denne Omdannelse. Men med stor Sikkerhed udtaler han: „L'acide vitriolique modifié par le principe odorant qui émane des corps tombés en putrification, se change en acide nitreux, il devient acide marin, si les corps dont cette odeur émane n'ont éprouvé qu'un commencement de putrification, enfin l'acide marin modifié par une matière grasse ou par le phlogistique, donne naissance à l'acide marin volatil (désigné par la plupart des Physiciens

[1]) Ibid. S. 364.

[2]) Sage: Élémens de Minéralogie. 2 Éd. Paris 1777, 8⁰, Préface S. vij.

[3]) Den eneste Oplysning, Forfatteren giver om denne, er, at Berlinerblaat „est un sel composé d'acide animal & de fer“. Ibid.

[4]) Ibid. S. viij.

sous le nom d'air fixe[1]). L'air fixe est la dernière altération dont l'acide phosphorique peut être susceptible" [2]).

Men naar man ser nøjere til, viser det sig, at SAGE's Fosforsyre er aldeles identisk med MEYER's Acidum pingue. Naar han siger, at Metallerne tiltage i Vægt ved Kalcinationer, og at alle Metalkalke ere at betragte som Salte af Fosforsyre[3]) — at „l'air déphlogistiqué" (man erindre, at Ilten dengang var opdaget og havde vist sig identisk med den Acidum pingue, Meyer antager i Metalkalkene) „n'est autre chose que l'acide phosphorique retiré par la revivification de mercure précipité rouge ou du mercure précipité per se.[4])" — at man maa betragte de Bundfald, Metalsalte give med kaustiske Alkalier, som Metalkalke, fordi de ligesom disse ere, „composés d'acide phosphorique combiné avec la terre du métal[5])" — saa fremgaaer heraf tydeligt, at SAGE's acide phosphorique kun er et andet Navn paa MEYER's Acidum pingue.

Naar SAGE faa Aar efter ganske forandrede sine Anskuelser om Ac. univers. som KOPP siger[6]), saa er denne Forandring kun tilsyneladende. Vel antager han nu ikke mere Fosforsyre, men „l'acide igné" for l'acide élémentaire[7]), men ligesom hans tidligere Fosforsyre i Virkeligheden var identisk med MEYER's Acidum pingue, saaledes er nu det samme Tilfældet med hans „acide igné", kun at nu ogsaa Fosforsyre i Ordets almindelige Betydning betragtes som en Modifikation af „l'acide igné". Ellers er denne identisk med hans acide phosphorique fra 1777. Dette fremgaaer af talrige Steder i „Analyse chimique", f. Ex. „L'acide igné combiné avec assez de phlogistique pour n'être pas miscible à l'eau constitue l'air dephlogistiqué" [8]) — „l'acide igné étant combiné jusqu'au point de saturation avec l'alcali du tartre forme la pierre à cautère" [9]) — „lorsqu'on calcine un métal, le phlogistique s'exhale, l'acide igné reste combiné avec la terre métallique[10])" — „l'acide igné caustique est principe de la chaux éteinte" [11]) o. s. v. Tydeligst ses det maaske af, at, medens han i „Élémens de Minéral." 1, Préface, S. xj antager 4 Elementer: Fosforsyre, Flogiston, Vand og Jord (som forresten ere aldeles de samme som MEYER's 4 Elementer: Acidum pingue, Lys, Vand og Jord), saa antager han i „Anal. chim." (1, S. 3—4) 4 „racines élémentaires", som ere de selv samme, kun at „acide phosphorique" er ombyttet med „acide igné".

Ovenfor er det nævnt, at der allerede i de ældre Flogistikeres Tid hævede sig

1) Ibid. S. ix—x.
2) Ibid. S. ix.
3) Ibid. **2**, 9.
4) Ibid. **2**, 374.
5) Ibid. **2**, 13.
6) Gesch. d. Chem. **3**, 16.
7) SAGE: Analyse chim. et Concordance des trois règnes, Paris, 1786. 8°, **1**, S. 66.
8) Ibid. **1**, Préface ix.
9) Ibid. **1**, S. 31.
10) Ibid. **2**, 16.
11) Ibid. **2**, 21.

Røster for, at ikke Svovlsyre, men Saltsyre var Universalsyren. I de i Kemiens Historie saa urolige Aar 1770—80, da saa mange nye Ideer dukkede frem, og saa mange gamle snart vaagnede til nyt Liv, snart drog deres sidste Suk, kom denne Tanke frem igjen, idet SELIG i den Omstændighed, at overalt i Naturen, hvor der dannes Salpeter, findes der ogsaa Kogsalt eller Saltsyre, og at Kogsalt ogsaa findes i de sidste Vitriollude, saae et Bevis for, at Saltsyre her er omdannet til henholdsvis Salpeter- og Svovlsyre, og derfor ansaae Saltsyre for Ac. universale[1]. Han blev dog snart imødegaaet af WERNBERGER med den Bemærkning, at det dog ellers ikke var noget usædvanligt, at to forskjellige Ting forekom samtidig et eller andet Sted, uden at derfor den ene var Aarsagen til den anden[2], og at Universalsyren, kun var en „Fictio heuristica“, hvormed man søgte at give sig selv og andre en Forestilling om, hvorledes Salte og Syrer vare opstaaede[3], men at den hverken lod sig analytisk eller synthetisk bevise[4].

Omtrent samtidig udtalte flere Kemikere, og deriblandt saa berømte som BERGMAN, BERTHOLLET og PRIESTLEY, at Ac. universale rettest var at søge i Kulsyre, hvis Sammensætning man dengang ikke kjendte. Allerede 1775 siger BERGMAN i sin store Afhandling: „De Acido aëreo“, at den fixe Luft med Rette kunde kaldes Ac. univ., fordi den rigelig findes i alle 3 Naturriger, men da man endnu ikke har Grund til at antage, at den kan omdannes til andre Syrer og Alkalier, vil han ikke anvende dette Navn paa den[5]. I 1776 begyndte BERTHOLLET sin videnskabelige Løbebane med en Afhandling: „Sur la crème de tartre“[6], hvori han analyserede Vinsten, isolerede Vinsyren deraf med Salpetersyre og fremstillede flere vinsure Salte. Men da han i dette Arbejde havde bekæmpet nogle ældre Kemikere, føjede Redaktionen af J. de phys. flere Noter til hans Afhandling, hvori de drog adskillige af hans Resultater i Tvivl. Sandsynligvis som Følge heraf offentliggjorde BERTHOLLET nogle Maaneder efter en egen Pièce[7], hvori han meddeler, at ved tør Destillation af Vinsyre dannes en Mængde „air fixe“, noget Olie og en Del Kul. Han slutter heraf, at „l'air fixe“ i Vinsyren maatte være fortættet over 700 Gange: „Une telle concentration en ferait sans-doute un acide plus puissant, s'il n'était émoussé pas par l'huile à laquelle il est uni“[8]. Ogsaa af „terre foliée du tartre“ (Kaliumacetat) faaer han en betydelig Mængde „air fixe“ (dog mindre end med Vinsyre), desuden brændbar Luft, Olie og

[1]) SELIG: Chym. Abhandlung vom Salpeter, Leipzig 1774, 8°. S. 37, 87, 187 ff.

[2]) E. L. WERNBERGER: Beytrag chemischer Versuche u. Gedanken in Absicht auf eine nähere Kenntnis der Universalsäure, Frankfurt u. Leipzig, 1776, 8°. S. 34. Sml. ovenfor S. 21, Note 1.

[3]) Ibid. S. 17.

[4]) Ibid. S. 18—19.

[5]) „Jure meritoque optimo aër fixus Acidum universale etiam vocari posset, cum in omnibus naturæ regnis copiosissime adsit, ast quoniam hac denominatione vulgo principium salinum indicari solet, quod diversa modificatione omnia alia et alcalia et acida procreat, taliaque nondum certo de aëre fixo possunt adfirmari, ab hoc nomine ambiguo abstinendum puto“. N. Acta Soc. R. Scient. Upsal. **2**, S. 151 (1775).

[6]) Journ. de phys. **7**, 130.

[7]) Observations sur l'air, Paris, 1776, 8°.

[8]) Ibid. S. 11.

Flegma. Han slutter heraf: „Comme le vinaigre m'a présenté dans toutes ses affinités une action plus faible que celle de l'acide tartareux, il ne peut point avoir d'autre principe d'acidité que l'air fixe, qu'il contient en moindre quantité & qui se trouve affoibli par son union à l'air inflammable“ [1]). Og fremdeles: „Il est bien vraisemblable que tous les acides végétaux sont également dûs à l'air fixe différemment combiné“ [2]). Men det er ikke blot Planteriget, der er rigt paa Kulsyre; den udgjør en stor Del af Bjergmasserne og findes ligeledes i Mængde i de dyriske Stoffer. Hans Slutningsresultat er følgende:

„L'air fixe se trouve donc abondamment dans les trois règnes, & il entre pour beaucoup dans la composition des corps; il paraît être le seul acide des végétaux: nous ne connaisons encore rien qui soit capable de le détruire. C'est une substance de l'espèce de l'acide vitriolique, de l'acide nitreux &c., je crois qu'il vaudroit mieux l'appeler l'acide universel, si les noms n'étaient pas indifférens dès qu'on en apprécie la signification [3])“.

Priestley opstillede den Formodning, at fix Luft var et Omdannelsesprodukt af Salpetersyre, fordi han fik den af Salpetersyre og Vinaand, som man dog aldrig havde troet indeholdt fix Luft [4]). Senere fik han den ogsaa af Svovlsyre og Vinaand og Æther. Efter disse Forsøg, og især det med Æther, mener han, „it is pretty evident, that fixed air is a factitious substance and that the vitriolic, as well as the nitrous acid, may be converted into it [5])“. Det er sikkert disse Forsøg, Ingen-Houss har hørt omtale, maaske i en overdreven Form, naar han som Støtte for sin Mening, at fix Luft er Universalsyre og Oprindelse til alle andre Syrer, anfører: „L'acide vitriolique, marin & nitreux, de même que les acides des végétaux, peuvent se changer en acide aérien ou en air fixe; & vice versà, l'acide aérien peut se changer en tout autre acide. Ceci donne de la lumière sur la régénération de l'acide nitreux dans les terres, dont on l'avoit extrait entièrement“ [6]).

Landriani gjentog 1781 Priestley's Forsøg med Vinaand paa et større Antal Syrer; han fik ligeledes Kulsyre ved at destillere Svovlsyre, Salpetersyre, Saltsyre, Scheele's Arsensyre, Fosforsyre med Vinaand. Ligeledes gav Bergman's Sukkersyre (ɔ: Oxalsyre), Vinsyre, Myresyre og Eddikesyre alle Kulsyre, de to første endog uden Tilsætning af Vinaand. Han betragter derfor alle disse Syrer som Modifikationer af Kulsyre, og denne som Ac. universale [7]). Men saasnart Scheele kom til Kundskab om Landriani's Forsøg og de Slutninger, han drog af dem, imødegik han ham strax. Den Kulsyre, L. har faaet, hidrører fra, at en Del af Vinaanden er sønderdelt: „So lange Herr L. aus der Luftsäure nicht andere Säuren machen kann, wird er

---

[1]) Ibid. S. 15.
[2]) Ibid. S. 22.
[3]) Ibid. S. 38.
[4]) Exp. a. Obs. on diff. kinds of Air. **3**, 349.
[5]) Exp. a. Obs. relating to Nat. Phil. London, 1779, **1**, S. 384.
[6]) Ingen-houss: Expériences sur les végétaux, Paris, 1780, 8°, Préface S. lj (51) og S. 120.
[7]) Landriani: Opuscoli Fisico-Chymici, Milano, 1781, S. 59. Ogsaa J. de phys. **20**, 106 (1782).

bei arbeitenden Chemikern wenig Beifall in seiner Meinung finden, dass diese Säure Ursprung aller andern Säuren abgebe". L.s Forsøg vise kun, at Syrerne indeholde Ilt. Saasnart denne kommer i Berøring med Kul, „ist gleich die Luftsäure los", idet nemlig efter SCHEELE's Opfattelse Kullets Flogiston forener sig med Ilten til Varme, hvorved Kulsyre frigjøres[1]).

Med den Opfattelse, som fra forskjellige Sider og med forskjellige Grunde blev gjort gjældende, at Kulsyre var Acidum universale, nærme vi os den store Strid mellem KIRWAN og LAVOISIER, som drejede sig om, hvorvidt Kulsyre eller Ilt var Syreprincipet, og som endte med en saa glimrende Sejr for LAVOISIER, idet KIRWAN selv aabent erkjendte, at han havde Uret. Men den historiske Udviklings Gang medfører, at vi maa tage et andet Udgangspunkt end Acidum universale, nemlig, hvad der sker, naar Metallerne opløses i Syrer, om end KIRWAN upaatvivlelig har været stærkt paavirket af den Anskuelse, som af saa berømte Kemikere blev betragtet som sandsynlig, at Kulsyre var Ac. universale, hvad der ogsaa vil fremgaa af flere Punkter i det følgende.

Gamle Udtalelser fra det 13.—14. Aarh. tyde paa, at man antog, at Syrerne virkede forkalkende paa Metallerne, før de opløste dem. Saaledes siger:

PSEUDO-GEBER: „Ex metallis etiam fiunt sales post ipsorum calcinationem[2])";

ALBERTUS MAGNUS: „Illa aqua (Salpetersyre, se ovenfor S. 4) lunam dissolvit, aurum et argentum separat, mercurium calcinat"[3]);

RAMON LULL: „Hæc aqua (Kongevand) dicitur aqua ignis, quia comburit et cremat aurum & argentum melius, quam ignis elementaris facere potest"[4]).

ODOMAR (Munk i Paris under Philippe de Valois) kalder Kongevand „Aqua calcinationis omnium metallorum"[5]).

En lignende Anskuelse synes senere at være den almindelige. LIBAVIUS omtaler under Solutio ogsaa Calcinatio, som deles i C. reverberii (C. per ignem) og Alcolismus. Under Alcolismus hører bl. a. Corrosio per aquas fortes[6]). Naar I. B. VAN HELMONT siger, at Sølv efter Opløsning i Salpetersyre, Kvægsølv efter Opløsning i Svovlsyre ere tilstede som saadanne i Opløsningen, kun at de ere blevne gjennemsigtige, medens de før vare uigjennemsigtige, mener han kun, at Opløsningsmidlet ikke forener sig med det opløste Stof per minima, d. v. s., at de ikke fuldstændig gjennemtrænge hinanden, thi saa maatte der frembringes noget helt nyt, men dette sker ikke. Metallernes indre Kjerne berøres i Virkeligheden ikke; de kunne udskilles

[1]) CRELL's Ann. 1785, **1**, 153.
[2]) Testamentum (Mangeti Bibl. chem., Genevæ 1702, Fol. **1**, 562).
[3]) Compositum de Compositis. Theatrum chem., Argentorati, 1613, 8°, **4**, 937—938.
[4]) Testamentum (Mangeti Bibl. chem., **2**, 744).
[5]) Practica Magistri Odomari ad discipulum. Theatr. chem. Argentorati 1613. **3**, 161.
[6]) LIBAVII Alchemia, Francofurti, 1606, Fol. S. 23.

af deres Opløsninger ikke blot med deres oprindelige Egenskaber, men ogsaa med deres oprindelige Vægt[1]). Synderligt mere mente Boerhaave sikkert heller ikke for Metallernes Vedkommende, naar han fremhæver, at Syrerne ved at opløse Metaller tabe ikke blot deres Egenskab af Syre, men ogsaa af Opløsningsmiddel, medens Metallerne kunne udskilles uforandrede af deres Opløsninger[2]). Det er vel endogsaa tvivlsomt, om R. Glauber, naar han siger, at butyrum antimonii er en „spiritus salis, darin der regulus antimonii solviret ist“[3]), dermed just mener, at Saltene indeholde Metallerne som saadanne.

Stahl var vistnok den første, som bestemt paastod, at Metallerne opløste sig i Syrer som saadanne og ikke som Kalke. Herfor foreligger mange utvivlsomme Udtalelser i Stahls Skrifter[4]). Saaledes siger han, at naar den „brennliche oder sulphurische Materie“ (Flogiston) saa vidt muligt er udskilt af et uædelt Metal, angribes eller opløses det ikke af de stærke Syrer, medens disse, naar Metallerne endnu indeholde deres Flogiston, angribe dem hurtigt og med stor Heftighed[5]). Det samme viser sig ved, at, medens Antimon i metallisk Tilstand let angribes af „das scharfe Saltz-Wesen in Mercurio sublimato“, saa har dette ingen Virkning paa Antimonkalk eller Antimonium diaphoreticum[6]), og ligeledes ved, at Salpetersyre ikke angriber nogen „wahren Kalch, weder von Eisen, noch Kupffer (sic), noch Zinn noch regulo Antimonii, woraus das brennliche Wesen recht völlig ausgebrannt ist“[7]). Ogsaa den Omstændighed, at Metallerne kunde udskille hinanden af deres Saltopløsninger, var ham et Bevis for, at Saltene indeholdt dem som saadanne[8]).

Ogsaa G. F. Rouelle deler denne Anskuelse. I sin berømte Afhandling: „Sur les sels neutres“ siger han udtrykkelig: „le mercure sublimé corrosif est un sel neutre, formé par l'union de l'acide de sel marin avec le mercure. On sait que ce sublimé à une telle abondance d'acide, qu'il est capable de dissoudre une nouvelle quantité de mercure, puisque quatre de ses parties dissolvent plus de

[1]) I. B. van Helmont: Ortus medicinæ, Lugduni, 1656, Fol. S. 43, 289.

[2]) „Demonstratum est certissimis experimentis, acida acidissinna, dum rodunt sua solvenda, vere immutari ab iisdem & naturam acidi non modo, sed & solventis exuere. ... Rursus omnibus iis convenit in eo, quod non adeo mutent omnia soluta, quam quod mutentur ab iis. ... Spiritus nitri solvit Mercurium: Mercurius inde reductus est prorsus idem. At spiritus nitri rursus separatus inde neutiquam est spiritus nitri qvalis antea fuerat“. Boerhaave. Elementa chem., Lugd. Batav. 1732, 4⁰, **1**, 819.

[3]) Furni novi philosophici, Amsterdam 1648, 12⁰, **1**, 42.

[4]) Dog næppe det Sted, Kopp (Beiträge, Braunschweig 1869, S. 231, Anm. 493) anfører som Bevis, nemlig Spec. Bech., Lipsiæ 1738, 4⁰. S. 14: „Quod vero metalla hæc, ratione inflammabilis sui principii, solvat spiritus nitri, dilucescit ex eo, quod metalla hæc, quantumcunque simpliciter inflammabili parte spoliata, minime attingat; ut in croco martis, cineribus stanni, antimonii calce et antimonio diaphoretico videre licet“. Thi dette Sted skal i Følge Sammenhængen (sml. ibid. S. 13) kun bevise, at „Similia similibus quadrant“, og det fremgaaer jo ogsaa tydelig af Ordet „sui“, at det, der her skal fremhæves, er Salpetersyrens eget Indhold af Flogiston. Kopp har aabenbart misforstaaet Stedet.

[5]) Stahl: Zufällige Gedanken von dem sog. Sulphure, Halle, 1718, 8⁰, S. 195—196.

[6]) Ibid. S. 296.

[7]) G. E. Stahl's Beweisz von den Saltzen, Halle 1723, 8⁰, S. 211, 291. Sml. ogsaa Ejusd. Exper. Observ. Animadvers. CCC, Berolini 1731, 8⁰, S. 351.

[8]) Zymotechnia Fundamentalis (Opusc. phys. med. Halæ, Mgd. 1715. 4⁰, S. 143).

trois parties de nouveau mercure“ [1]). Ganske paa samme Maade opfatter Rouelle alle andre Metalsalte.

Denne Anskuelse, at Metalsaltene bestod af Metal og Syre, og som Stahl indførte i Videnskaben, blev nu den almindelige til Bergman's Tid.

Den Luftudvikling, som finder Sted, naar Metallerne opløse sig i Syrer, og som senere skulde faa saa stor Indflydelse paa den rette Opfattelse af Forholdet, betragtede de ældre Flogistikere som noget ret tilfældigt og tillagde den ingen væsentlig Betydning. Man gjorde ingen Forskjel paa den og den Brusning, som fandt Sted, naar [kulsure] Alkalier opløste sig i Syrer. Lemery forklarede begge Fænomener ved mekanistiske Fantasier. „Cet effet“ — siger han — „peut faire raisonnablement conjecturer, que l'alcali est une matière composée de parties roides & cassantes, dont les pores sont figurés de façon que les pointes acides y étant entrées, elles brisent & écartent tout ce qui s'oppose à leur mouvement & selon que les parties qui composent cette matière, sont plus ou moins solides: les acides, trouvant plus ou moins de résistance, ils font une plus forte ou une plus foible effervescence. Ainsi nous voyons que l'effervescence qu'arrive en la dissolution de corail, est bien moins violente que celle qui se fait en la dissolution de l'argent“ [2]).

„Les sels acides ne bouillonnent que rarement avec les liqueurs acides, parce que leurs pores étant fort petits, les acides ordinaires ne les peuvent pénétrer; mais il se rencontre quelquefois des acides dont les pointes sont assez fines & proportionnées pour trouver une entrée dans les petits pores de ces sels & pour y faire les leurs secousses. Alors ces sels, quoiqu'acides, peuvent être dits alcalis à l'égard de ces fortes acides. C'est ce qui arrive au sel marin, qui est acide: car quoiqu'il ne bouillonne point ni avec l'esprit de sel, ni avec l'esprit de nitre, ni avec l'esprit d'alun, ni avec l'esprit de vitriol [3]), si vous le mèlez avec l'huile de vitriol bien forte, il se fera effervescence“ — naturligvis fordi den stærke Syres Spidser ere saa overordentlig smaa. Paa samme Maade forklarer Lemery nu alle de Opbrusninger, som finde Sted, naar Syrer virke paa „métaux, coraux, perles et généralement dans tous les corps qui fermentent avec les acides“, og hvori de gamle Kemikere troede, at „il y avait un sel alcali caché“.

Stahl helliger et helt Kapitel [4]) til at omtale „das Gischtigte, Blästige und gleichsam luftige Brausen und Ausbreiten“, som finder Sted ved Opløsningen af Metaller og [kulsure] Alkalier i Syrer, og udbreder sig over den Kraft, hvormed saadan „Luft-ähnliche Aufblähung“ sker. Som Exempler anfører han bl. a. Jern og Potaske i Skedevand. Dog er der stor Forskjel paa de forskjellige Metallers Forhold overfor samme Syre. Det samme Skedevand bruser allersvagest med Bly

[1]) Mém. de l'Acad. R. de Sciences, Paris, 1754 (trykt 1759), S. 576.

[2]) N. Lemery's Cours de Chymie, Paris, 1675, 8⁰. Jeg citerer Udgaven af 1756, Paris, 4⁰, S. 21—22.

[3]) Man antog dengang endnu, at den Svovlsyre, man fik ved Destillation af Alun, Jernvitriol og Kobbervitriol, ikke var ganske den samme, uagtet Angelo Sala forlængst havde bevist dens Identitet. Angli Salæ Opera med. chym., Francofurti, 1647, 4⁰, S. 405—408.

[4]) Beweisz von den Saltzen, Halle, 1723, 8⁰, S. 362—378.

og Kvægsølv, allerede stærkere med Sølv, endnu stærkere med Kobber, meget stærkere med Tin, Antimon og Jern, men allerhæftigst med Zink. Derimod undrer han sig over, at en saadan Brusning ikke indtræffer ved Tilberedning af butyrum antimonii ved Hjælp af Sublimat, eller naar man fælder en Opløsning af Sølvnitrat med Kobber, „da doch allerdings das Scheidwasser das zugefügte Kupffer wircklich eben sowohl und gleich so viel zerfritzt, als wenn es blosz darein geleget worden wäre“; ligeledes naar man sætter Kobberchlorid til Sølvnitratopløsning, saa angriber Saltsyren Sølvet, Salpetersyren Kobberet, og begge Dele sker øjeblikkelig uden Spor af Luftudvikling.

Om selve Brusningen hører man, siger STAHL, forskjellige Meninger: „Da es von einigen der würcklich verschlossenen Luft in dergleichen Materien, von andern gar dem Cartesianischen ætheri, beygemessen wird. Da doch dieser letztere, wenn man seine Meynung recht einsiehet[1]), einer blästigen Ausdähnung gar nicht fähig ist: Die Luft aber selbsten in solcher Menge, wie eine schnell veranlaszte Schäumung solcher Art ausweiset, weder in dergleichen Quantität eines Erdischen noch saltzigten Cörpers, gestecket zu haben, mit einigem Vernunft begriffen werden kann“. At disse Brusninger skulde hidrøre fra Flogiston, benægter han: „sonderlich durch das Exempel des zahrten Russes ist es offenbahr, dasz das brennliche Grundwesen dergleicher blästiger Ausdehnung gar nicht fähig sey“[2]). Derimod er det almindelig bekjendt, at det blotte Vand i den Grad er skikket til „solcherley Luft-ähnlicher Aufblähung“, at det ved Varme udvider sig langt mere end den allertætteste Luft. Det maa ogsaa anses for meget rimeligt, at „sowohl das brennliche, als selbsten das recht subtil gewordene Erdische Wesen, wenn sie mit dem Wasser wohl verknüpfet sind, solches Wasser zu einer schnellen Luftähnlichen Ausdehnung, ja Beharrung in solchem Stand unermeszlich mehr geschickt machen, als es an ihm selbsten ist“. Dette viser sig ved, at saavel destillerede Olier som stærk Vinaand, der begge [antoges at] indeholde en stor Mængde Vand, ere meget flygtigere end rent Vand. Heraf fremgaaer, at de her omhandlede Brusninger egentlig ikke hidrøre fra andet end fra Vand i den Slags Forbindelser[3]). Men hvorfra saadanne Luftudviklinger egentlig hidrøre, hører strængt taget ikke til Kemiens Omraade, „sondern gehören dergleichen Fragen insgesamt zur Physic allein, so weit sie von der Chymie unterschieden ist“.

Ovenfor saa vi, hvilke fantastiske Forestillinger LEMERY gjorde sig om den Luftudvikling, som fandt Sted ved Metallernes Opløsning i Syrer. Men 25 Aar

---

[1]) STAHL var i sin hele Opfattelse af den mekaniske Side af Forbrændingsfænomenet stærkt paavirket af CARTESIUS' Principia (pars quarta), som udkom 1644. Se bl. a. STAHLII Exper. Observ. Animadvers. CCC. Berol. 1731. Nr. 38, S. 64, og RODWELL i Phil. Mag., **35**, 14, (1868).

[2]) Sml. ogsaa Exp. Obs. Animadv. CCC. S. 64, Nr. 39.

[3]) Ogsaa Krudtets Virkning hidleder han fra Vand: „Præcipue vero, in tam potente, & longe velocissima, illa expansione flatuosa, aquositatis, quæ in salina parte nitri & sulphuris hæret, totus effectus ille [pulveris pyrii] tam fortis et violentæ pulsionis in ea fundatur“. Exp., Obs. Anim. CCC, S. 127, Nr. 85.

efter at 1. Udgave af hans Cours de Chymie udkom, har han[1]) helt andre Anskuelser idetmindste om Brintens Dannelse ved Opløsning af Jern i fortyndet Svovlsyre[2]) eller Saltsyre: „Il faut nécessairement que le soulfre qui s'exalte en vapeur & qui s'enflamme[3]) [par une bougie allumée] vienne uniquement de la limaille de fer, car l'eau ni l'esprit de vitriol ... n'ont rien de sulfureux ni d'inflâmable, mais le fer contient beaucoup de soulfre, comme tout le monde le scait. il faut donc que le soulfre de la limaille de fer ayant été raréfié & dévelloppé par l'esprit de vitriol, se soit exalté en une vapeur très susceptibe de feu ... les esprits de sel, de soulfre et d'alun produisent dans cette opération le même effet que l'esprit de vitriol, mais l'esprit de nitre ni l'eau forte n'y excitent point de fulmination".

Klarere og paa en bredere Basis udviklede H. CAVENDISH denne LEMERY's Ide i sit mesterlige Arbejde: Experiments of factitious Air[4]). Han viser her, at Zink, Jern og Tin udvikle brændbar Luft ved Opløsning i fortyndet Svovlsyre eller i Saltsyre, og bestemmer med stor Tilnærmelse rigtigt Rumfanget af den udviklede Luft for 1 Vægtdel af de 3 Metaller ved 50° F og en Barometerstand af 30 Tommer. Alle 3 Metaller angribes ogsaa af Salpetersyre og give Luft, men denne er aldeles

---

[1]) Mém. de l'acad. R. des Sciences 1700, S. 108.

[2]) Det angives i Almindelighed, at PARACELSUS er den første, som i sin Archidoxa har gjort opmærksom paa Brintudviklingen ved denne Proces og beskrevet den med det Udtryk: „Luft erhebt sich und bricht herfür gleich wie ein Wind". Angivelsen skriver sig fra HOEFER (Hist. de la Chimie. Paris 1843, **2**, S. 12), som udtrykkelig meddeler, at den omhandlede „Luft" var fremstillet af Jern og fortyndet Svovlsyre, og som Kilde citerer HUSER's Udgave af „Bücher und Schriften des Paracelsi", Basel 1589, **6**, Archidoxa S. 12. Rimeligvis efter denne bestemte Angivelse af HOEFER meddeler KOPP (Gesch. d. Chemie, **3**, 260) det samme, og Meddelelsen er gaaet over i flere nyere Skrifter om Kemiens Historie. Men det paagjældende Sted i den af Hoefer citerede Udgave af Archidoxa indeholder vel den citerede Sætning, men omtaler aldeles ikke, at denne Luft er frembragt af Jern og fortyndet Svovlsyre. Udtrykket bruges kun til i Almindelighed at betegne Luftens Egenskaber i Modsætning til andre Elementer. Heller ikke i det følgende Kapitel i Archidoxa: „Von den Scheidungen der Elemente in den Metallen", hvor man dog kunde vente, at Jernets Virkning paa Svovlsyre var nævnt, da her omtales flere Metallers Virkning paa Salpetersyre, findes et Ord derom. At der ved Fremstilling af Jernvitriol af Jern og Svovlsyre udvikledes en brændbar Luft, synes først at være iagttaget af THEO TURQUET DE MAYERNE, som blev Dr. med. i Montpellier 1597, men paa Foranledning af Collegium medicorum in Academia Parisiana maatte gaa i Landflygtighed til England 1611 paa Grund af kætterske Meninger om Galens' og Hippokrates' Læresætninger. Hans Opera medica blev dog først udgivet efter hans Død af Jos. BROWNE, London 1701, Fol. Bogen er dediceret til Excellentissimæ et serenissimæ celsitudini Annæ, Daniæ Principissæ, og af Dedikationen sees, at TURQUET DE MAYERNE har været Dronningerne Annas og Marias Archiater. I 2. Bd. (Pharmacopeia), S. 5 anbefaler han at fremstille Jernvitriol af Jernfilspaan og Svovlsyre „in amplo vase ab igne remoto, cavens ab ingenti fumo & horrendo foetore, qui elevatur ab impuri Martis sulphure". MAYOW opsamlede 1669 den af Jern og fort. Svovlsyre udviklede Luft, men nævner ikke dens Brændbarhed, men BOYLE omtaler, at den er brændbar i New Exp. touching the relation between Flame and Air (1672, Works. Ed. 1744).

[3]) LEMERY forstaaer ved „soulfre" omtrent det samme som Flogistikerne ved Flogiston. Det brændbare i Kul kalder han „soulfre du charbon". Kamfer bestaaer af „Soulfre" og et meget flygtigt Salt, Fosfor indeholder mere „soulfre" end noget andet Stof og desuden et saltagtigt Princip, som opløser sig i Vand d. v. s. Fosfor = „soulfre" + Fosforsyre o. s. v. „Le soulfre est le seul principe qui s'enflâme".

[4]) Phil. Trans. 1766, S. 144.

ikke brændbar. Af koncentreret Svovlsyre angribes de i Varmen og udvikle Svovlsyrling i stor Mængde. Heraf synes at fremgaae, at, naar disse Metaller sønderdeles af Saltsyre og fortyndet Svovlsyre, „their phlogiston flies off, without having its nature changed by the acid, and formes the inflammable air“, men at, naar de angribes af Salpetersyre eller varm konc. Svovlsyre, „their phlogiston unites to part of the acid used for this solution and flies off with it in fumes, the phlogiston losing its inflammable property by the union“. Dette er nu ganske klart for Svovlsyrlingens Vedkommende, da den som bekjendt bestaaer af Svovlsyre forbunden med Flogiston, hvilket bestyrkes ved, at Vitriololie ved Destillation med Svovl giver Svovlsyrling[1]). Det er da højst sandsynligt, at det er noget lignende, som sker, naar de nævnte Metaller angribes af Salpetersyre, og at den udviklede Luft her er en Forbindelse af Salpetersyre med Flogiston. Derimod er der ingen Grund til at antage, at den brændbare Luft (Brinten) indeholder Syre, thi der er ingen Forskjel paa den, enten man anvender fortyndet Svovlsyre eller Saltsyre til dens Fremstilling.

Skjøndt Cavendish altsaa var klar over, at Metallernes Flogiston udskilles, naar de opløses i Syrer, var det dog først Bergman, som drog den Konseqvents af den Luftudvikling, som sker ved Metallernes Opløsning, at disse først efter at være forkalkede opløstes i Syrer til Salte. Han siger udtrykkelig, at intet Metal opløses i Syre, saalænge det endnu indeholder sin fuldstændige Mængde Flogiston[2]). En Del af dette maa idetmindste fjernes, naar Opløsning skal finde Sted. Sølv opløses ikke i Saltsyre, Guld ikke engang i Salpetersyre, men naar de først berøves den Mængde Flogiston, der er nødvendig for dem i metallisk Tilstand, opløses de let. Metalkalkene indeholde ikke denne Mængde Flogiston. Ved deres Opløsning i Syrer finder derfor ingen Luftudvikling Sted. Det er bekjendt nok, at, naar Kobber som Kalk opløses i Svovlsyre, udskilles det som metallisk Kobber ved Tilsætning af Jern, og dette sker ved Dobbeltdekomposition. Thi Jernet vilde med Syren give brændbar Luft, hvis ikke Kobberkalken var tilstede som saadan og i samme Øjeblik forenede sig med den brændbare Luft. Af disse og lignende Forsøg fulgte ogsaa, at Flogiston i alle Metaller er det samme. Af en Guldopløsning udskilles det samme Guld, enten man anvender Kobber, Jern, Bly eller et hvilketsomhelst andet Metal til Fældningen[3]). Naar Syrer i et Salt mættes med Alkali, udskilles Metallet som Kalk: „Metalla e menstruis alcali fixo dejecta & qua externam faciem & qua internam indolem, calcinata prodeunt“[4]). At Sølv og Kvægsølv ikke vare opløselige i Plantesyrer som Eddikesyre, Citronsyre, Rhinskvin, var længst bekjendt. Men allerede 1746 havde Marggraf[5]) vist, at naar de fældedes af deres Saltopløsninger af fixe Alkalier [altsaa som Kalke], opløstes disse selv i Plantesyrer.

[1]) Naar Fl. betyder Flogiston, er Svovl = Fl_2 + Svovlsyre og Svovlsyre + Svovl = Svovlsyre + Fl_2 + Svovlsyre = Svovlsyrling = $\dot{2}$ (Svovlsyre + Fl).

[2]) „nullum metallum acido quodam suscipi posse, salva tota, formæ completæ necessaria phlogisti quantitate“. Bergman's Opusc. phys. et chem., Lipsiæ, 1788, 8⁰, **2**, 354.

[3]) Ibid. **3**, 124.

[4]) Ibid. **2**, 375.

[5]) Mém. de l'Acad. des Sciences de Berlin 1746. S. 49—57.

Ogsaa SCHEELE udtalte i nogle kritiske Bemærkninger til WENGEL's Verwandtschaftslehre ganske bestemt: „Dass die in den Säuren aufgelösten Metalle die unveränderten Metalle noch wären, wie sie vor der Auflösung waren, ist gegen alle chemiske Erfahrung, welche zeigt, dass sie ihr Brennbares beym Auflösen verlieren“ [1]).

Baade BERGMAN og SCHEELE forkastede altsaa STAHL's Lære, at Metalsaltene bestod af Metallerne som saadanne i Forbindelse med Syrer. De vare tværtimod i Principet ganske enige med de Anskuelser, LAVOISIER senere udviklede, at Metallerne opløstes i Syrer i Form af Kalke, skjøndt han jo unægtelig betragtede Metalkalkene i en helt anden Belysning.

Allerede 1772 havde LAVOISIER fundet, at Svovl og Fosfor ved deres Forbrænding optog en overordentlig stor Mængde Luft, og at Metalkalkene, naar de reduceredes til Metal ved Kul, afgav et Rumfang Luft, der var mangfoldige Gange større end vedkommende Metalkalkes Rumfang. En foreløbig Meddelelse herom nedlagde han i en forseglet Skrivelse i Akademiets Sekretariat 1. Nov. 1772. Skrivelsen, som blev aabnet i Akademiets Møde d. 5. Maj 1773, sandsynligvis samtidig med, at han indleverede sine Opuscules phys. et chim.[2]), lød saaledes[3]): „Il y a environ huit jours que j'ai découvert que le soufre, en brûlant, loin de perdre de son poids, en acquérait au contraire: c'est-à-dire que d'une livre de soufre on pouvait retirer beaucoup plus d'une livre d'acide vitriolique, abstraction faite de l'humidité de l'air; il en est de même du phosphore: cette augmentation de poids vient d'une quantité prodigieuse d'air qui se fixe pendant la combustion et qui se combine avec les vapeurs.

Cette découverte, que j'ai constaté par des expériences que je regarde comme décisives, m'a fait penser que ce qui s'observait dans la combustion du soufre et du phosphore pouvait bien avoir lieu à l'égard de tous les corps qui acquièrent du poids par la combustion et la calcination; et je me suis persuadé que l'augmentation de poids des chaux métalliques tenait à la même cause. L'expérience a complètement confirmé mes conjectures; j'ai fait la reduction de la litharge dans des vaisseaux fermés, non l'appareil de HALES, et j'ai observé qu'il se dégageait, au moment du passage de la chaux en métal, une quantité considérable d'air, et que cet air formait un volume mille fois plus grand que la quantité de litharge employée. Cette découverte me paraissant une des plus intéressantes de celles qui aient été faites depuis STAHL, j'ai cru devoir m'en assurer la propriété“.

De Forsøg, hvorpaa L. støttede disse Anskuelser, ere som sagt beskrevne i Opusc. phys. et chim., og de vigtigste af dem har jeg refereret i min Afhandling „Om Iltens Opdagelse“ [4]). Naar jeg her citerer hans foreløbige Note fuldstændig, er det, fordi det af den ret tydelig fremgaaer, hvorledes det gik til, at L. i Begyndelsen

[1]) CRELL's Chem. Journ. f. die Freunde d. Naturwiss. **4**, 78 (1780).

[2]) Den Kommission, Akademiet nedsatte til Bedømmelsen af dette Værk, hvori de paagjældende Forsøg vare udførlig beskrevne, afgav endnu i samme Aar Betænkning derover.

[3]) Œuvres de Lavoisier, Paris 1862, 4°, **2**, 103.

[4]) Vid. Selsk. Skr. [7] **4**. S. 222.

ansaa Kulsyren (air fixe), om hvis Sammensætning man dengang ikke havde nogen Forestilling, for den Luftart, som baade optoges ved de syredannende Stoffers Forbrænding og afgaves ved Metalkalkenes Reduktion med Kul. Man maa erindre, at L. dengang var Flogistiker, om han end vel nok havde sine Tvivl angaaende visse Punkter af Theorien. Naar Metalkalkene ophededes med Kul, var han næppe i Tvivl om, at dette gjengav Kalkene deres Flogiston, og naar der herved udvikledes Kulsyre, kom han ganske naturlig til den Opfattelse, at det var den Luftart, Metallerne havde optaget ved deres Forbrænding. Da nu Flogistontheorien antog, og det var jo netop en af dens væsentligste Fortjenester, at alle Forbrændinger vare af samme Art, maatte ogsaa de syredannende Stoffer ved deres Forbrænding, vel afgive Flogiston, men tillige optage samme Luftart af Luften som Metallerne, altsaa Kulsyre.

At dette virkelig var LAVOISIER's Opfattelse i 1773 til 1775, fremgaaer især af det sidste Forsøg, han anfører i Opusc. phys. et chim. Han ved, at fix Luft slukker et brændende Lys. Han har fundet, at den Luft, hvori Fosfor er brændt, er uskikket til at nære Forbrændingen. Ikke desto mindre blander han sidstnævnte med $^1/_3$ Rumfang Kulsyre og prøver, om et Lys kan brænde i denne Blanding[1]). Og endnu i Marts 1775, da han fremstiller Ilt af Mercurius præcipitatus per se, var han overbevist om, at den Luft, som udvikledes af denne Metalkalk, maatte være Kulsyre[2]). Dette stadfæstes ved følgende Steder af hans Laboratorieoptegnelser, hvoraf det første dog viser, at han har havt Betænkeligheder ved denne Opfattelse: „Je me suis fait bien des fois une objection contre mon système de la réduction métallique et voicy en quoi elle consiste: la chaux suivant moi est une terre calcaire privée d'air; les chaux métalliques au contraire sont des métaux saturés d'air. Cependant les uns et les autres produisent un effet semblable sur les [kulsure] alcalis, ils les rendent caustiques“[3]), og specielt med Hensyn til Fosforsyren: „Persuadé que la combustion du phosphore absorbe l'air fixe contenu dans l'air, ou plutôt le soupçonnant, j'ai pensé qu'en rendant de l'air fixe à cet air [hvori Fosfor havde brændt], on pourrait peut-être le rendre air commun“[4]).

Men da Ilten blev opdaget, indsaa han sin Fejltagelse. Dog var han endnu i det Foredrag, han holdt i Akademiet 25. April 1775, „Sur la nature du principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination“, og hvori han paaviste Forskjellen mellem den Luft, man fik ved Ophedning af Mercurius præcipitatus per se, og Kulsyre, ikke fuldt klar over Sagen. Han antager her, at det, der forener sig med Metallerne ved deres Kalcination „n'est ni une des parties constituantes de l'air, ni un acide particulier répandu dans l'atmosphère, c'est l'air lui-même, en entier, sans altération, sans décomposition“[5]). Først efter at PRIESTLEY i Slutningen

[1]) Opusc. phys. chim. S. 351 (Œuvres **1**, 655).
[2]) Sé hans Laboratorieoptegnelser i BERTHELOT: Révolution chim., Paris 1890, S. 264.
[3]) 6. April 1773. Révol. chim. S. 238.
[4]) 1. Juli 1733. Révol. chim. S. 246.
[5]) Se nærmere: „Om Iltens Opd.“, Vid. Selsk. Skr. [7] **4**, 232.

af 1775[1]) havde udgivet 2. Bd. af sine „Exp. a. Obs. on diff. kinds of Air“ og vist, at Ilten var 4 til 5 Gange saa god som almindelig Luft, og derfor havde kaldt den deflogisticeret Luft, først da kom LAVOISIER til fuld Klarhed over Forholdene. Allerede i Afhandlingen: „Sur l'existence de l'air dans l'acide nitreux et sur les moyens de décomposer et recomposer cet acide“, som han læste i Akademiet 20. April 1876, og som tryktes samme Aar i „Recueil des Mémoires sur la formation et fabrication de Salpêtre par les Commissaires nommés par l'Académie pour le jugement du prix du Salpêtre“ [2]), betragter han nu Ilten som en Bestanddel, der er fælles for alle Syrer. Syrerne ere kun forskjellige ved de forskjellige Elementer (principes), som Ilten er forbunden med: „Je suis en état d'avancer affirmativement aujourd'hui, que non seulement l'air, mais encore la portion la plus pure de l'air, entre dans la composition de tous les acides sans exception; que c'est cette substance qui constitue leur acidité, au point qu'on peut à volonté leur ôter ou leur rendre la qualité d'acide suivant qu'on les dépouille ou qu'on leur donne la portion d'air essentielle à leur composition“.

Naar man opløser Metaller i forskjellige Syrer, forkalkes de paa Syrens Bekostning. Der udvikles Luftarter, som ere forskjellige for de forskjellige Syrer. Disse Luftarter hidrøre ikke fra Metallerne, men ere Sønderdelingsprodukter af Syrerne.

I min Afhandling „Om Iltens Opdagelse“ [3]) har jeg givet et udførligt Referat af Indholdet af dette vigtige Arbejde ligesom af PRIESTLEY's uheldige Forsøg paa at modbevise det[4]). Her skal jeg derfor blot erindre om Hovedresultatet af LAVOISIER's Afhandling: Naar man opløser Kvægsølv i Salpetersyre, forener det sig med Syrens [rene] Luft til Metalkalk, medens Syren ved at tabe denne Luft bliver til en ny Luftart (PRIESTLEY's nitrous air = Kvælstofoxyd). At dette er saa, bevises ved, at 2 Rf. Kvælstofoxyd og 1 Rf. Ilt forene sig over Vand til Salpetersyre[5]), der altsaa bestaaer af disse 2 Luftarter, som hver for sig ikke ere sure, og en betydelig Mængde Vand.

Det er klart, at saa uventede Opdagelser maatte gjøre et vist Indtryk i den kemiske Verden, og et saa klart Hoved som GUYTON DE MORVEAU indsaa strax, at Flogistontheorien maatte omformes noget for at bringes i Overensstemmelse med de nye Kjendsgjerninger. Med dette Formaal offentliggjorde han allerede i Maj 1776 en Afhandling: „Conciliation des principes de STAHL avec les expériences nouvelles sur l'air fixe“ [6]), men den viste, at han endnu ikke havde kunnet følge det Omslag,

[1]) Ibid. S. 214.

[2]) Se: „Om Iltens Opdagelse“ S. 240. Noget omarbejdet findes L.'s Afhandling i Mém. de l'Ac. des Sc. 1776, S. 671.

[3]) Ibid. S. 240 f.

[4]) PRIESTLEY: Exp. a. Obs. on diff. kinds of Air **3**, Preface S. xxvij f. og S. 41—54.

[5]) At der her i Virkeligheden dannes Kvælstofdioxyd, men at dette af Vand sønderdeles til Salpetersyre og Salpetersyrling, var dengang ubekjendt. Dog bemærker L. udtrykkelig, at den Salpetersyre han fik paa denne Maade, var rygende, men at den ved Neutralisation med Potaske gav Salpeter.

[6]) Journal de physique **7**, 389.

der var foregaaet i LAVOISIER's Anskuelser. Han betragter her Flogiston som „la matière pure du feu, telle qu'elle passe au travers des vaisseaux pour revivifier le mercure". Han mener „que nous n'avons pas encore vu une terre métallique pure non engagée" [1]). Les terres métalliques ere kun bekjendte i Forbindelser: 1) Enten med Flogiston (altsaa som Metaller). 2) Eller med air fixe, der jo, som BERGMAN havde vist, havde sure Egenskaber og i vandig Opløsning endog opløste Jern. Disse Forbindelser er det, man sædvanlig kalder Metalkalke: „On est parvenu à vérifier que les métaux exposés à la calcination, absorbent une portion d'air d'une nature particulière, les conséquences naturelles sont que l'air n'est par seulement nécessaire à cette opération, comme agent méchanique [2]), que l'état des chaux métalliques n'est pas dû à l'absence du phlogistique". 3) Eller endelig med Syrer som Metalsalte.

Denne Hypothese bringer ham til at mene, at Syrerne selv indeholde air fixe, siden de meddele den til les terres des métaux, som derved faae Karakter af Metalkalke. Dette er især tydeligt i saadanne Tilfælde, hvor vi sige, at Syrerne snarere calcinere end opløse, som naar Tin angribes af Salpetersyre, og i alle de Tilfælde, hvor man paa den ene Side gjenfinder Metallet som Kalk, paa den anden Side Svovlsyre omdannet til Svovlsyrling ved Metallets Flogiston.

Disse Anskuelser udvikler GUYTON DE MORVEAU yderligere Aaret efter i et Værk, som Akademikerne i Dijon udgav [3]), og hvori det hedder, at da den fixe Luft har sure Egenskaber, og da den indgaaer i Sammensætninger af alle Syrer, „on peut, ce semble, conjecturer, que c'est là véritablement l'acide universel, l'élément acide [4])". At Luft indgaaer i Syrernes Konstitution fremgaaer især af, at fix Luft, som BERGMAN har vist, har sure Egenskaber, og af at Salpetersyre, som LAVOISIER har vist, indeholder en meget betydelig Mængde Luft. Disse to Exempler gjøre det sandsynligt, at den ogsaa, mulig i mindre Mængde, findes i alle andre Syrer, thi da Brusningsfænomenet er fælles for dem alle, hvorfor skulde man da antage en forskjellig Grund dertil [5])?

Svaghederne ved GUYTON DE MORVEAU's Forsoningsforsøg vare dog for mange og for store, til at Forsøget kunde gjøre synderlig Virkning. Især hans Sammenblanding af Kulsyre og Ilt, hvis Forskjel LAVOISIER allerede i April 1775 saa stærkt havde fremhævet i sin Afhandling om den røde Kvægsølvkalks Spaltning ved Ophedning [6]), og paa den anden Side hans aabne Erkjendelse af, at Metalkalkenes Dannelse ved Ophedning af Metallerne i Luften ikke beroede paa, at disse afgav Flogiston, gjorde, at hans Forsøg hverken kunde finde Bifald hos LAVOISIER eller hos Flogistikerne.

---

[1]) Ogsaa SCHEELE følte sig efter Iltens Opdagelse nødt til denne Antagelse: „Ich sage nicht zu viel, dass noch niemand eine reine Erde gesehen" (Ueb. Luft u. Feuer § 95; Werke 1, 229).

[2]) Dette var STAHL's Mening.

[3]) GUYTON DE MORVEAU, MARET & DURANDE: Élémens de Chymie, Dijon, 1777, 8⁰.

[4]) Ibid. 2, 20—21.

[5]) Ibid. 1, 325.

[6]) Journ. de phys. 5, 429 (Maj 1775).

Uagtet Lavoisier allerede i 1776, som vi ovenfor have set, havde erklæret, at Ilten i alle Syrer var det Stof, „qui constitue leur acidité“, havde han dog kun bevist det nærmere for Salpetersyren; hans Forsøg med Fosforsyre og Svovlsyre vare kun rent foreløbige. Men allerede 1777 begyndte han at optage Spørgsmaalet i dets Almindelighed i en hel Række Afhandlinger. I den første[1]), som allerede er læst i Akademiet 16. April, giver han udførligere Oplysninger om Fosforets Forbrænding i Luft og i Ilt. Han finder, at 1 grain Fosfor derved giver paa det nærmeste $2^1/_2$ Fosforsyreanhydrid i hvide Fnug, og at der derved forbruges 3 Kubiktommer Ilt, hvis Vægt han finder lig $1^1/_2$ grains, altsaa lig Fosforets Tilvæxt i Vægt[2]). Denne synthetiske Methodes Anvendelse paa Svovl og Svovlsyre frembyder store Vanskeligheder, og han gjenfremstiller derfor ad analytisk Vej den Ilt, som Svovlet har optaget ved sin Forbrænding[3]). Han anvender hertil samme Fremgangsmaade, som han havde brugt til at analysere Salpetersyre. Han opheder nemlig Kvægsølv med Svovlsyre, hvorved han faaer Svovlsyrling, afdamper til Tørhed, hvorved aabenbart dannes Turpethum minerale, og heraf faaer han ved stærkere Hede igjen noget Svovlsyrling, men en stor Mængde Ilt ($3\,Hg\,O, SO_3 = 3\,Hg + 4\,O + SO_2$). Dette Resultat havde iøvrig allerede Bayen faaet 1775[4]), men uden at erkjende Beskaffenheden af den udviklede Luftart[5]). Da der baade i Bayen's og i Lavoisier's Forsøg gjendannedes en ikke ringe Mængde Kvægsølvsulfat, der afsatte sig i Retorthalsen, dels som et hvidt Salt, dels blandet med Kvægsølv som et graat Pulver, er det ikke muligt at gjøre en Beregning over de fundne Vægtmængder. Men den Slutning, Lavoisier drager af Forsøget, anfægtes ikke heraf. Det er klart, at da man i dette Forsøg kun anvender Kvægsølv og Svovlsyre, og da Kvægsølvet gaaer ud af Processen i metallisk Form, som det var fra Begyndelsen, saa kan den udviklede Ilt kun hidrøre fra Svovlsyren; man gjenfinder altsaa i den den Ilt, Svovlet har optaget ved sin Forbrænding. En anden uimodsigelig Konseqvens, som Lavoisier ligeledes fremhæver, er at Svovlsyrling er Svovlsyre ÷ en vis Mængde Ilt.

Det lykkedes dog Lavoisier endnu samme Aar at bevise ved Synthese, at Svovlsyren bestod af Svovl og Ilt[6]). Han anvendte hertil Hombergs Pyrofor, som man allerede dengang vidste væsentlig bestod af en Blanding af Svovllever med Overskud af Kul, og som L. fremstillede ved at ophede en Blanding af Alun og Sukker, indtil den ikke mere gav Røg og Dampe, og derpaa ophede Massen stærkt i en Retort. Der udvikledes herved Kulsyre og en brændbar Luft, som ikke absorberedes af Vand eller kaustisk Alkali og derfor let kunde skilles fra Kulsyren. Denne brændbare Luft var aldeles forskjellig fra Brint, ved at den ved sin For-

---

[1]) Mém de l'Acad. des sciences 1777, S. 65 (trykt 1780); Œuvres **2**, 139.

[2]) Da en gammel fransk pouce cub. = 19,8365 cm^3 og 1 grain = 0,053 Gram, ere de fundne Størrelser tilnærmelsesvis, men naturligvis ogsaa kun tilnærmelsesvis, rigtige.

[3]) Mém. de l'Acad. des Sc. 1777 S. 324 (trykt 1780); Œuvres **2**, 194.

[4]) Journ. de phys. **6**, 487 (Dec. 1775).

[5]) Sml. „Om Iltens Opdagelse“ S. 243.

[6]) Mém. de l'Acad. des Sc. 1777, S. 363 (trykt 1780). Œuvres **2**, 199.

brænding gik over til Kulsyre, og jo mere Kul man anvendte, desto mere dannedes der af denne brændbare Luft, som LAVOISIER nærmest var tilbøjelig til at antage for luftformigt Kulstof[1]). Det Pyrofor, som samtidig dannedes, anvendte L. til følgende Forsøg. Han lod det brænde paa en Vægtskaal og fandt, at det derved tiltog betydelig i Vægt. I Kulsyre og Kvælstofoxyd forandredes det ikke. Derimod formindskede det et med Vand afspærret Rumfang Luft fra 100 til $72^{1}/_{2}$. Naar Forsøget foretoges over Kalkvand, blev dette uklart. Pyroforets Kulstof deltog altsaa i Iltningsprocessen. I Ilt tændte Pyroforet sig med stor Livlighed, og naar Forsøget foretoges over Kalkvand, kunde han faa $\frac{143}{144}$ af Ilten absorberet. Kulstoffets Iltning er dog kun en underordnet Del af Processen. Det væsentlige er Svovlleverens Iltning, og medens Pyroforet før Forbrændingen smager som Svovllever, smager det efter Forbrændingen som Alun og giver ved Udludning en Opløsning af Alun. Forholdene ved Pyroforets Dannelse og Forbrænding ere ham nu fuldstændig klare. Ved dets Dannelse optager Kullet Svovlsyrens Ilt, og gaaer over til Kulsyre, medens Svovlsyren gaaer over til Svovl. Ved dets Forbrænding optager Svovlet igjen Ilt og gaaer over til Svovlsyre. Ved dette Arbejde paaviste altsaa LAVOISIER, at STAHL's Hovedforsøg kunde forklares uden Antagelse af Flogiston. Ogsaa det naturlige Svovljerns Overgang til Jernvitriol viste LAVOISIER endnu 1777 beroede paa Iltning[2]), ganske som MAYOW havde gjort, men i skarp Modsætning til Flogistontheoriens Lære, at Overgangen beroede paa, at Svovljernet afgav Flogiston til Luften. Han finder ikke blot, at Luften er nødvendig til „la vitriolisation des pyrites", men tillige, at naar man henlægger dem paa et middelvarmt Sted, indtil de netop begynde at forvitre, og saa strax bringer dem i et afspærret Rumfang Luft, formindskes dette, efterhaanden som Vitrioldannelsen skrider frem, og den resterende Luft slukker et Lys og fælder ikke Kalkvand; den bestod derfor af den sædvanlige „Mofette", som bliver tilbage, naar almindelig Luft berøves sin Ilt. I Ilt gaaer Vitrioldannelsen endnu langt hurtigere. Han slutter heraf næsten med MAYOW's Ord: Pyrit er en Forbindelse af Svovl og Jern. Dens Svovl optager Ilt af Luften og gaaer over til Svovlsyre, og denne angriber da det fintdelte Jern og danner Jernvitriol.

Resultatet af alle de nævnte Arbejder sammenfattede LAVOISIER i en almindelig Betragtning: „Sur la nature des acides", som han læste i Akademiet 23. Nov. 1779[3]). Allerede Indledningen er karakteristisk, idet den viser de store almindelige Synspunkter, hvorfra L. altid ser Tingene. Naar de gamle Kemikere havde reduceret et Legeme til Olie, Salt, Jord og Vand, troede de at have naaet Grændsen for den kemiske Analyse og betegnede derfor disse Stoffer som Principer eller Elementer. Efterhaanden opdagede man imidlertid, at flere af disse paa ny kunde sønderdeles, at f. Ex. de neutrale Salte ere dannede ved Forening af to Substantser, en Syre og

[1]) Det varede længe, før denne brændbare Lufts Beskaffenhed (*CO*) blev opklaret, og den spiller en Rolle i de Forsøg, Flogistontheorien i de sidste Aar af Aarhundredet gjorde paa at hævde sin Berettigelse. Se KOPP: Gesch. d. Chem. **3**, 293.

[2]) Mém. de l'Acad. des Sc. 1777 S. 363 (trykt 1780); Œuvres **2**, 199.

[3]) Trykt 1781 i Mém. de l'Ac. des Sc. 1778, S. 535; Œuvres **2**, 248.

en Base, som enten kunde være saltagtig (alkalisk) eller jordagtig eller bestaae af en Metalkalk: „Det staaer nu tilbage for os at udføre det for Saltenes konstituerende Bestanddele, som vore Forgængere have udført for de neutrale Salte selv, nemlig at sønderdele Syrerne og Baserne selv og saaledes udvide Grændserne for den kemiske Analyse endnu et Skridt". Allerede i foregaaende Arbejder har han vist, at PRIESTLEY's deflogisticerede Luft indgaaer som Bestanddel i flere Syrer og særlig i Fosforsyre, Svovlsyre og Salpetersyre. Han troer nu at kunne slaa fast, hvad han allerede tidligere har antydet, at denne Luftart ikke blot er en Bestanddel af alle Syrer, men er selve Syreprincipet (le principe constitutif de l'acidité), og at Syrernes Forskjellighed beroer paa, at de foruden Syreprincipet indeholde et eller flere andre Elementer, som ere forskjellige for de forskjellige Syrer. Han foreslaaer nu for den karakteristiske syredannende Bestanddel Navnet „principe acidifiant" eller „principe oxygène". Han haaber efterhaanden at kunne vise, at der ikke er nogen Syre „si ce n'est peut être celui du sel marin", uden at man kan sønderdele eller danne den ved at berøve eller gjengive den dette Syreprincip.

SCHEELE havde allerede lejlighedsvis vist, at man kunde fremstille Svovlsyre ved at opløse Svovl i Salpetersyre, og at Fosfor paa samme Maade gav Fosforsyre[1]). Maaske uden at kjende, i ethvert Tilfælde uden at nævne dette, paaviser LAVOISIER det samme for Fosforsyrens Vedkommende[2]) og gjør opmærksom paa, at dette fortræffeligt stemmer med hans Theori, idet Salpetersyren leverer Fosforet le principe acidifiant og derved selv reduceres til Kvælstofoxyd. Vel kan han tænke sig, at Flogistikerne ville give en anden og meget plausibel Forklaring af denne Reaktion, nemlig at Fosforets Flogiston har forenet sig med Salpetersyren til Kvælstofoxyd, eller at der er foregaaet en Dobbeltdekomposition, idet Salpetersyren har afgivet Ilt til Fosforet og dette Flogiston til Salpetersyren; men denne Forklaring forudsætter dels, at Kvælstofoxyd indeholder Flogiston, dels, at det har faaet dette fra Fosforet, medens hans egen Forklaring viser, at man ikke behøver at antage Flogiston for at forstaa Reaktionen, ligesom han haaber sikrere og sikrere at kunne godtgjøre, at Antagelsen af dette Princip overhovedet er overflødig.

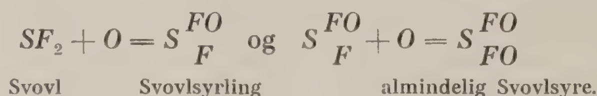
Men til Trods for den Klarhed og Konseqvents, hvormed LAVOISIER udviklede sine Anskuelser i de ovennævnte Arbejder, havde hans nye Ideer endnu i Begyndelsen af Firserne aldeles ikke vundet Terræn. Ikke en eneste Kemiker af nogen Betydning havde givet ham sin Tilslutning. Endnu i 1783 skriver SCHEELE til BERGMAN: „Sollte es wohl so schwer seyn, LAVOISIER zu überzeugen, dass sein saures System nicht Allen schmackhaft fallen wird: Salpetersäure aus reiner Luft und Salpeterluft, Luftsäure aus Kohlen und reiner Luft, Vitriolsäure aus Schwefel und reiner Luft ———!! Kann man solches glauben??" [3]). Vel vare Flogistikerne ingenlunde enige indbyrdes, men om Existensen af et Flogiston og Nødvendigheden af at antage dette Princip for at forklare de kemiske Fænomener var der dog

[1]) Ueb. Luft u. Feuer; Werke **1**, 172 Anm.
[2]) Mém. de l'Acad. d. Sc. 1780, 343 (læst 18. Nov. 1780); Œuvres **2**, 271.
[3]) NORDENSKJÖLD: K. W. Scheele's Bref och Anteckningar, Stockholm, 1892, S. 364.

ingen Uenighed, om end den ene opfattede det paa én, den anden paa en anden Maade.

Her skulle vi nævne de vigtigste Forsøg, der bleve gjorte paa at forene Flogistontheorien med de syredannende Stoffers Optagelse af Ilt ved deres Overgang til Syrer.

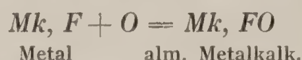
I „Ueber Luft und Feuer", der udkom 1777, men allerede forelaa færdig to Aar før, havde Scheele vel selv erklæret det for sandsynligt, „dass alle Säuren ihren Ursprung von der Feuerluft (saaledes kaldte S. dengang Ilten) erhalten" [1]), men naar Hermbstädt, Udgiveren af Scheele's Værker, hertil knytter den Bemærkning: „Wie übereinstimmend mit dem antiphlogistischen System!", saa er Scheele's Opfattelse af Syrerne dog en ganske anden end Lavoisier's. De syredannende Stoffer betragter S. som Forbindelser af en radikal, hidtil ubekjendt Syre med Flogiston ganske i Overensstemmelse med hans Opfattelse af Metalkalkene [2]). Vel udvikler han ikke denne Anskuelse udførligere for Syrernes Vedkommende, men at han har havt den, er sikkert, som det vil fremgaa af det følgende (sml. ogsaa S. 41). Naar nu Svovl gaaer over til Svovlsyre ved at forbinde sig med Ilt, forstaaer S. Sagen saaledes: Betegnes den radikale Syre i Svovlet ved S, Flogiston ved F, Ilt ved O (alt rent kvalitativt), foregaaer efter S. Svovlets Forbrænding til Svovlsyre i to Sæt:



$$SF_2 + O = S\begin{matrix}FO\\F\end{matrix} \quad \text{og} \quad S\begin{matrix}FO\\F\end{matrix} + O = S\begin{matrix}FO\\FO\end{matrix}$$

Svovl — Svovlsyrling — almindelig Svovlsyre.

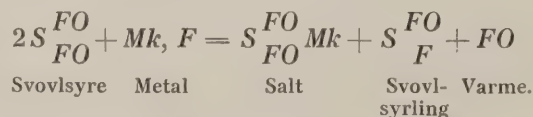
Forbindelsen FO er efter Scheele Varme, hvad han finder bevist ved en stor Mængde Forsøg [3]). Varmen er efter ham en svag Syre (ad modum CO_2), og de almindelige bekjendte Metalkalke ere efter ham Forbindelser af de rene (ubekjendte) Metalkalke (i det følgende betegnede med Mk) med Varme. Metallernes Forkalkning foregaaer saaledes:



$$Mk, F + O = Mk, FO$$

Metal — alm. Metalkalk.

Om Varmen udgjør en virkelig Bestanddel af Metallerne, eller om kun deres Porer ere fyldte dermed, vil han ikke udtale sig om: nok er det, de indeholde Varme, og jo mere Flogiston, de indeholde, desto mere Varme indeholde de ogsaa Efter S. opløses intet Metal i Syrer uden ved en Dobbeltdekomposition, idet Syren forener sig med den (rene) Metalkalk og det frigjorte Flogiston med Syren. Med de samme Betegnelser som ovenfor har man f. Ex.



$$2S\begin{matrix}FO\\FO\end{matrix} + Mk, F = S\begin{matrix}FO\\FO\end{matrix}Mk + S\begin{matrix}FO\\F\end{matrix} + FO$$

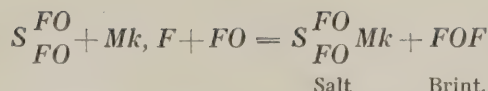
Svovlsyre — Metal — Salt — Svovlsyrling — Varme.

Naar Saltsyre eller fortyndet Svovlsyre opløser Metallerne, foregaaer Processen paa en anden Maade, da de svage Syrer ikke har nogen kjendelig Tiltrækning til Flogiston. Her har man:

1) Ueb. L. u. F. § 93; Werke **1**, 211.

2) Se nærmere herom i: „Om Iltens Opdagelse" (Vid. Selsk. Skr. [7], **4**, 238).

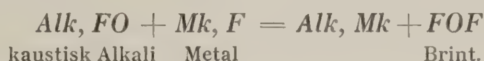
3) Ibid. S. 235.



$$S\frac{FO}{FO} + Mk, F + FO = S\frac{FO}{FO}Mk + FOF$$

Salt Brint.

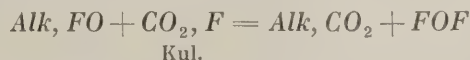
De førstnævnte Processer ere derfor ledsagede af større Varmeudvikling end de sidstnævnte. At Brint virkelig er en Forbindelse af Ilt med mere Flogiston end Varme, godtgjør S. paa forskjellig Maade. Bl. a. har han brændt Brint i Ilt over Vand uden at faae noget andet dannet end Varme: $FOF + O = 2\,FO$. Brinten kan ikke findes som saadan i Metallerne, thi i saa Fald maatte Salpetersyren ogsaa give Brint med Metallerne, da han har overbevist sig om, at Salpetersyren ikke angriber Brint: han har nemlig bragt rygende Salpetersyre i et Glas med Brint, uden at Syren blev rød eller Brinten mistede sin Brændbarhed selv efter flere Dages Forløb. Syrerne kunne heller ikke bidrage til Brintens Dannelse, thi Zink giver Brint ogsaa med kaustiske Alkalier og med Salmiakspiritus. Dette stemmer godt med, at Brinten er en Forbindelse af Varme og Flogiston. Thi da kaustisk Alkali efter S. bestaaer af en elementær Jord (*Alk*) og Varme, *FO*, og da Metallet bestaaer af (ren) Metalkalk og Flogiston, har man:



$$Alk, FO + Mk, F = Alk, Mk + FOF$$

kaustisk Alkali Metal Brint.

Ogsaa andre brændbare, altsaa flogistonholdige, Legemer maa give Brint med kaustiske Alkalier. Særlig egnet finder han hertil Kul (= Kulsyre + Flogiston). Ved Ophedning af Kul med kaustisk Alkali i en Retort faaer han da ogsaa en Mængde brændbar Luft, som er fri for Kulsyre, og kulsurt Alkali:



$$Alk, FO + CO_2, F = Alk, CO_2 + FOF$$

Kul.

Men den udviklede Brint indeholder dog Kulstof, thi ved Forbrænding giver den endel Kulsyre. Brinten har altsaa ogsaa gjort noget Kul flygtigt, ligesom den Brint, man faaer af Arseniksyre og Zink, indeholder noget Arsenikregulus. Svovl egner sig ikke til dette Forsøg, „weil dessen Säure das Phlogiston stärker an sich hält, als dass das Alkali die [reine] Vitriolsäure von seinem Brennbaren scheiden sollte“ [1]).

Heraf ses, at Scheele betragter de syredannende Stoffer som Forbindelser af ubekjendte Syrer med Flogiston. Se ogsaa nedenfor S. 57 f.

Bergman, som i det Hele ganske deler Scheele's Meninger, hævder i 2. Udgave af sin berømte Afhandling: „De attractionibus electivis“, vel at Svovl og Fosfor ved at forandres til de almindelige Syrer tiltage i Vægt, men tillige, i Modsætning til Lavoisier, at Vægtforøgelsen beroer paa, at Syrernes Varmefylde er større end Svovlets og Fosforets, og at „aër vitalis (Ilt) calorem specificum intret“ [2]). Lavoisier [3]) bemærker hertil, at Bergman og han altsaa ere enige i, at de syredannende Stoffer

---

[1]) Ueber Luft u. Feuer. § 96 (Werke **1**, 233).

[2]) Opusc. phys. & chem. **3**, 335.

[3]) Mém. de l'Acad. des Sc. 1783, 416 (Œuvres **2**, 616).

forene sig med Ilt under Varmeudvikling og Vægtforøgelse, kun antager han (L.), at Ilten umiddelbart er Grunden til Vægtforøgelsen, Bergman, at Varmen er det, men tillige, at Ilten er en Bestanddel af Varmen. Spørgsmaalet blev da blot, om Ilt først forener sig med Flogiston og danner Varme, eller simplere, om Varmen har Vægt. Nu har han selv og de Laplace fundet, at 97 grains Fosfor ved Forbrænding netop kunde bringe 1 Pund Is til at smelte i deres Iskalorimeter. Lavoisier vejer derfor 1 Pund Vand i flydende og fast Form paa en Vægt, der giver Udslag for 0,1 grain = 5,3 mg, og finder ved gjentagne Forsøg ikke den mindste Forskjel paa Vægten. Varmen har altsaa ingen kjendelig Vægt, end sige da en saa stor, som her skulde være Tale om, og et Legeme, som har Vægt, kan ikke være Bestanddel af et Legeme, som ikke har Vægt.

Paa en helt anden Maade end Scheele søgte Macquer at bringe Metallernes og de syredannende Stoffers Vægtforøgelse ved Forbrændinger i Harmoni med Flogistontheorien. Han udvikler sine Anskuelser herom i sin Dictionnaire[1]), især i Artiklerne Phlogistique og Calcination, men ogsaa i mange andre. Han antager, at Flogiston er identisk med Lys og Varme, som altsaa i stor Mængde ere tilstede i de brændbare Stoffer. Naar disse forbrænde, afgive de Lys og Varme og optage samtidig Ilt, som altsaa er Aarsagen til Vægtforøgelsen. Denne store Vanskelighed for den ældre Flogistontheori falder altsaa bort. Ligeledes forstaaes ved denne Antagelse, at Kalkene af Guld, Sølv og Kvægsølv kunne reduceres uden Tilsætning af brændbare Stoffer, og fremdeles Salpetersyrens Sønderdeling i Ilt og Kvælstofoxyd og Gjendannelse af disse Bestanddele. Men Lavoisier[2]) gjør opmærksom paa, at ved Siden af disse Fordele har Macquer's System ogsaa væsentlige Mangler. For det første er Macquer's Flogiston noget ganske andet end Stahl's, som var jordagtigt og ikke kunde gaa igjennem Glas. Men dernæst maatte ved Macquer's Flogistontheori alle Metalkalke reduceres til Metaller for Brændeglassets Virkning, ligesom de blive ved Kul. Macquer's Indvending, at de uægte Metaller ilte sig ligesaa hurtigt igjen i Luften, gjælder ikke, thi deres Kalke reduceres heller ikke i Kvælstof eller i Vacuum. Desuden maatte, naar Flogiston var Lys og Varme, Metallernes og de syredannende Stoffers Varmefylde være langt større end Metalkalkenes og Syrernes, men det modsatte er netop Tilfældet.

Som et Supplement til sine Arbejder over Metallernes og de syredannende Stoffers Vægtforøgelse ved Forbrændingen havde Lavoisier udarbejdet en Thermokemi, som skulde forklare Varmeudviklingen ved de kemiske Processer[3]), men langtfra ikke med samme Held. Berthollet havde udført en Række Undersøgelser om Salpeterets Dekomposition ved Ophedning med Kul, Svovl, Arsenik og forskjellige Metaller og benyttet denne Lejlighed til at paavise Skrøbelighederne i Lavoisier's

---

[1]) Dict. de Chymie, 2. Udgave, Paris 1778, 8⁰.

[2]) Mém. de l'Acad. des Sc. 1783, S. 505; Œuvres 2, 623.

[3]) Især i 2 Afhandlinger: De la combinaison de la matière du feu avec les fluides évaporables (Mém. de l'Acad. 1777, S. 420; Œuvres 2, 212) og Sur la combustion en général (Mém. de l'Acad. 1777, S. 592; Œuvres 2, 225).

thermokemiske Anskuelser. Herpaa skal jeg dog ikke her komme ind, men i samme Arbejde[1]) kom BERTHOLLET ogsaa ind paa LAVOISIER's Syretheori. LAVOISIER havde uimodsigelig godtgjort, at Metallernes og de syredannende Stoffers Vægtforøgelse ved Kalcination og Forbrænding hidrørte fra, at de forene sig med Ilt, men han forkaster Flogiston som en unyttig Hypothese. Efter hans Theori havde Metaller og Kul ikke noget fælles Princip; Kullets Virkning ved Metalreduktioner indskrænker sig til at berøve Metalkalkene deres Ilt og danne Kulsyre dermed: Men Metallerne frembringe ved Glødning med Salpeter de selvsamme Fænomener som Kul; de danne med Ilt, som udvikles ved Ophedningen af Salpeteret, den samme Forbindelse som Kul, nemlig Kulsyre. Hvis Metaller og Kul ikke havde et fælles Princip (Flogiston), maatte man enten antage, at Kulsyre ikke bestaaer af Kul og Ilt, eller at Metallerne indeholde Kul[2]). LAVOISIER mener, at Syrerne som principe acidifiant indeholde „la base de l'air (Ilt), separée du principe du feu". Men naar dette er Tilfældet ogsaa for Salpetersyre, kan, indvender BERTHOLLET, den Flamme og Varme, som udvikles ved Detonation af Salpeter og Svovl, ikke hidrøre fra Salpetersyren, og i Virkeligheden vise Forsøgene, at Detonationens Intensitet er proportional med den anvendte Svovlmængde. Svovlet indeholder da meget af det Ildprincip, som udvikles ved Detonationen. Svovlsyre er altsaa en Forbindelse af Svovl, som ved Forbrændingen har afgivet sit Ildprincip, med den rene Del af Luften. Det samme gjælder Fosfor og Fosforsyre. BERTHOLLET skjelner dog bestemt mellem Flogiston og Varme, skjøndt disse to Substanser synes ham at være Modificationer af et og samme Princip og ofte at gaa over til hinanden. De ædle Metallers Kalke reduceres saaledes ved Varme ganske som ved det Flogiston, der indeholdes i et uædelt Metal, der fælder dem af deres Opløsninger. Farveløs Salpetersyre flogisticeres ved Ophedning i et lukket Rør. At Flogiston omvendt kan omdannes til Varme, synes ham at fremgaa af, at Zink, der er saa rigt paa Flogiston, ved sin Opløsning i Salpetersyre, kun giver meget lidt Kvælstofoxyd og en forholdsvis ringe Mængde flogisticeret Luft (Kvælstof), medens der udvikler sig en stor Mængde Varme. Ved Forbrændingen udskilles Flogiston i Forbindelser eller i fri Tilstand under forskjellige Former. Ved Forbrænding af Plante- eller Dyrestoffer forener det sig med Ilt og danner Kulsyre; ved Forbrænding af Fosfor undviger det som saadant og giver Lys og Varme, medens det Radikal, som i Fosforet er forbundet med Flogiston, forener sig med Ilt. I andre Tilfælde synes det alene at give Varme [sigtes herved til Brintens Forbrænding?]. Endelig kan det danne endnu ubekjendte Forbindelser, og BERTHOLLET tænker sig, at den elektriske Materie mulig kan være en saadan.

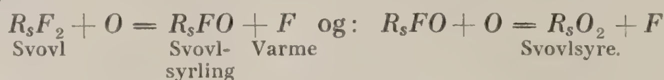
Endnu 1782 udvikler BERTHOLLET sine Anskuelser om Svovlsyrlingens Mellemstilling mellem Svovl og Svovlsyre med Flogistontheorien som Grundlag[3]). Han betragter Svovl som en Forbindelse af et ubekjendt Radikal med Flogiston. Ved

[1]) Mém. de l'Acad. des Sc. 1781, S. 264.

[2]) Det sidste er jo netop Tilfældet med de fleste almindelige Metaller, men det vidste man ikke dengang.

[3]) Mém. de l'Acad. des Sc. 1782, S. 600.

Overgangen til Svovlsyrling afgiver Svovlet en Del af sit Flogiston og optager en Del Ilt; ved Overgangen til Svovlsyre afgiver det alt Flogiston og optager saa meget Ilt, som det overhovedet kan forbinde sig med. Altsaa, naar R_s er Svovlets Radikal, F Flogiston:



$$\underset{\text{Svovl}}{R_sF_2} + O = \underset{\text{Svovlsyrling}}{R_sFO} + \underset{\text{Varme}}{F} \quad \text{og:} \quad R_sFO + O = \underset{\text{Svovlsyre.}}{R_sO_2} + F$$

Heraf følger, at



$$\underset{\text{Svovlsyre}}{R_sO_2} + \underset{\text{Svovl}}{R_sF_2} = \underset{\text{Svovlsyrling}}{2\,R_sFO}$$

og i Virkeligheden har BERTHOLLET fundet, at man ved at destillere Svolvsyre med Svovl faaer Svovlsyrling (sml. ovenfor S. 32).

En af de besynderligste Indvendinger mod LAVOISIER's Syretheori fremkom fra de hollandske Kemikere VAN TROOSTWYK og DEIMAN. Den blev først almindeligere bekjendt 1787 [1]), men maa nævnes her, fordi den vedrører LAVOISIER's Syretheori paa dens første Stadium. Medens LAVOISIER søger Grunden til Forskjellen mellem Syrerne i det Stof, som er forbundet med den deflogisticerede Luft (Ilten), siger VAN TROOSTWYK og DEIMAN [2]): Flogiston er en Bestanddel af alle Syrer og det samme i dem alle, men Ilten er forskjellig i de forskjellige Syrer. LAVOISIER betragter Salpetersyren som en Forbindelse af Salpeterluft (Kvælstofoxyd) med Ilt. De hollandske Kemikere betragte disse to Luftarter begge som Forbindelser af Salpetersyre med en forskjellig Mængde Flogiston. I Salpeterluft har Salpetersyren mere, i Ilt mindre end i sin naturlige Tilstand. LAVOISIER's Bevis for Salpetersyrens Sammensætning indeholder en Cirkelslutning. Naar man behandler Kvægsølv med Salpetersyre, faaer man ved svag Varme Salpeterluft, indtil Kvægsølvet er blevet rød Kvægsølvkalk, derpaa af dette ved stærkere Varme Metal og Ilt. Blander man nu disse to Luftarter, faaer man igjen Salpetersyre. LAVOISIER slutter deraf, at Salpetersyren bestaaer af Salpeterluft og Ilt. Efter VAN TROOSTWYK og DEIMANS Mening forener Salpetersyren sig med Kvægsølvets Flogiston til Salpeterluft. En anden Del af Salpetersyren afgiver sit Flogiston til Kvægsølvkalken og bliver derved til Ilt, medens Metallet gjendannes. Da nu den Mængde Flogiston, som Kvægsølvkalken har tiltrukket af Syren for at blive til Metal, er nøjagtig ligesaa stor som den, Metallet har afgivet til Syren for at danne Salpeterluft, saa maa den dannede Salpeterluft og den dannede Ilt tilsammen give Salpetersyre med den for denne nødvendige og tilstrækkelige Mængde Flogiston.

Efter LAVOISIER danner fremdeles Svovlsyrling og Ilt Svovlsyre, og denne bestaaer af Svovl og Ilt. Opvarmer man Vitriololie med Trækul, forbinder dette sig med en Del af Svovlsyrens Ilt, og der dannes Svovlsyrling. Efter VAN TROOSTWYK og DEIMAN optager Vitriololien Flogiston af Kullet og danner Svovlsyrling. Da denne altsaa indeholder mere Flogiston end Svovlsyre, og Ilten har Mangel paa

[1]) CRELL's Beitr. **3**, 11, 1787. Originalen er sandsynligvis: Natuurkondige Verhandel. der Hollandsche Maatsch. der Wetenschappen. Haarlem. **24**.

[2]) Ibid. S. 79 ff.

Flogiston, saa afgiver Svovlsyrlingen, naar den blandes med Ilt, Flogiston til denne og bliver igjen til Svovlsyre. Det er dog let at see, at da Kul efter Flogistikerne er Flogiston ÷ Kulsyre, og der ved den første Proces virkelig dannes Kulsyre, skulde Konseqventsen ved Ræsonnementet om Salpetersyre være den, at en anden Del af Svovlsyren afgav Flogiston til Kulsyren, hvorved gjendannedes Kul, medens Svovlsyren ved at miste Flogiston blev til Ilt, der da ved at forbinde sig med Svovlsyrlingen paa ny blev til Svovlsyre. Denne Proces kan imidlertid ikke finde Sted, fordi Kulsyre er en Luftart, som gaaer bort, medens Kvægsølvkalk er fast og bliver. Men, som ovenfor (S. 37) vist, havde LAVOISIER ogsaa gjennemført Forsøget med Svovlsyre og Kvægsølv, og her kunde VAN TROOSTWYK's og DEIMAN's Ræsonnement gjennemføres. Men medens Ilten i Salpetersyre herefter bliver Salpetersyre ÷ Flogiston, bliver den i Svovlsyre = Svovlsyre ÷ Flogiston, en Konseqvents, som de efter det ovenanførte virkelig vedkjende sig.

Med Hensyn til Metalkalkene dele de SCHEELE's Mening, forsaavidt som de antage, at Metallernes Vægtforøgelse ved Overgang til Kalke hidrører fra, at den forbrugte Ilt forener sig med Metallernes Flogiston[1]), men at Forbindelsen af Flogiston og Ilt er Varme, som SCHEELE mente, modbevise de meget smukt ved at bringe Brint og Ilt til at forene sig i en lukket Beholder ved Hjælp af en elektrisk Gnist. Luftblandingen forsvinder, men Vægten af Beholderen er efter Afkøling til almindelig Temperatur uforandret[2]).

Hovedgrunden til, at LAVOISIER's Syretheori endnu i Begyndelsen af Firserne ikke havde fundet Tilslutning, var dog, at der var en stor Række Fænomener, som Flogistikerne kunde forklare paa en simpel og naturlig Maade, men overfor hvilke LAVOISIER hidtil havde forholdt sig usikker og tvivlsom. At Metallerne vare tilstede i Saltene i Form af Kalke, havde BERGMAN uimodsigelig godtgjort, og LAVOISIER var ganske enig heri. Men Flogistikerne forklarede let denne Forkalkning af Metallerne ved Opløsning i Syrer: Metallerne afgav herved Flogiston, der enten udviklede sig i Form af brændbar Luft, eller i andre Tilfælde forenede sig med en anden Del af Syren til mere eller mindre flogisticerede Syrer som Svovlsyrling og Kvælstofoxyd. Denne CAVENDISH's gamle Tanke fra 1766 var ikke bleven rokket ved LAVOISIER's Forsøg og Theori. Vel havde han tydet Dannelsen af Svovlsyrling og Kvælstofoxyd ved Metallernes Opløsning i koncentreret Svovlsyre og i Salpetersyre paa fuldt tilfredsstillende Maade, nemlig ved at paavise, at Metallerne berøvede Syrerne en Del af deres Ilt, og netop derved selv gik over til Kalke, medens de udviklede Luftarter vare Rester af Syrerne. Men den anden Maade, hvorpaa Metaller kunde opløses i Syrer, den, hvorved der udvikledes brændbar Luft, stod endnu ganske uklar for ham, og hans Theori havde endnu kun strejfet dette Fænomen med usikre Formodninger. I Afhandlingen om Salpetersyrens Sammensætning[3]) siger han, at de forskjellige Luftarter, der udvikle sig ved Metallernes Opløsning i

[1]) Ibid. S. 88.
[2]) Ibid. S. 89.
[3]) Se ovenfor S. 35.

Syrer, hidrøre fra Syrens Sønderdeling, og at deres Egenskaber ere forskjellige efter de forskjellige Syrer. I Afhandlingen om Pyroforets Iltning[1]), sammenligner han den brændbare Luft (*CO*), som han faaer sammen med Kulsyre ved at gløde Alun med Sukkerkul, med andre brændbare Luftarter. Denne giver ved Forbrænding Kulsyre, men de to andre brændbare Luftarter, som faaes ved Opløsning af Metaller i fortyndet Svovlsyre og i Saltsyre, kalder han „air inflammable vitriolique“ og „marin“ og mener, at de synes at være, „l'un, une espèce de soufre vitriolique, l'autre, une espèce de soufre marin dans l'état vaporeux ou aériforme“. Han udtaler[2]), at Analogien med Forbrændingen af Svovl, Fosfor og Kul havde bragt ham til „invinciblement à conclure que la combustion de l'air inflammable devait également produire un acide“. Særlig antog han ved Forsøg, han i Sept. 1877 havde foretaget sammen med Bucquet[3]), at der, da denne brændbare Luft var fremstillet af fortyndet Svovlsyre og Jern, ved deres Forbrænding med Ilt maatte dannes Svovlsyrling eller Svovlsyre, medens Bucquet mente, at der vilde dannes Kulsyre. De foretog derfor Forsøget over Kalkvand; der fremkom kun en svag Uklarhed, altsaa var Bucquet's Mening urigtig, men deraf fulgte ikke, at Lavoisier's var rigtig. I Vinteren 1781—82 gjentog han Forsøget i større Maalestok sammen med Gengembre[4]). De tændte Brinten, som fandtes i en Flaske paa 6 Liter, heldte strax en Unze Kalkvand deri, satte derpaa hurtigt en Prop i med et Kobberrør, som ved et bøjeligt Rør stod i Forbindelse med en Iltbeholder, og saa nu for første Gang Ilt brænde i Brint, men hverken dette Forsøg eller et ganske lignende, hvor der istedenfor Kalkvand anvendtes rent Vand og derpaa fortyndet Alkali, førte til noget Resultat, for saa vidt som der i intet af Forsøgene viste sig nogen Antydning af, at der var dannet en Syre. Her var da et meget væsentligt uklart Punkt i Lavoisier's Theori. Og da ikke faa andre Kemikere ved Forbrænding af (uren) brændbar Luft havde faaet dannet Kulsyre, medens der samtidig var gjort mange Erfaringer, som syntes at støtte Cavendish's Antagelse, at Flogiston var væsentlig identisk med Brint, saa fik Flogistontheorien i Begyndelsen af Firserne et stort Opsving, især ved et Arbejde, som den engelske Kemiker Richard Kirwan offentliggjorde 1782[5]). En af Lavoisier's væsentligste Indvendinger mod Flogistontheorien var jo netop, at Flogiston var et rent hypothetisk Stof, hvis Existens kun godtgjordes ved Ræsonnementer af tvivlsom Værdi. Ansete Flogistikere som Scheele og Bergman, ja Stahl selv havde jo udtrykkelig fremhævet, at det i ren Tilstand slet ikke kunde fremstilles, fordi det i det Øjeblik, det gik ud af en Forbindelse, strax indtraadte i en anden. Men Cavendish havde dog ment, at naar Metaller som Zink eller Jern opløstes i Saltsyre eller fortyndet Svovlsyre, „their phlogiston flies off, without having its nature changed by the acid, and formes the inflammable air[6])“. Ogsaa

[1]) Se ovenfor S. 37.
[2]) Mém. de l'Acad. des Sc. 1781, S. 468 (trykt 1784); Œuvres **2**, 337.
[3]) Ibid. 336.
[4]) Ibid.
[5]) Philos. Trans. 1782, S. 195.
[6]) Se ovenfor S. 32.

Macquer havde udtalt sig paa lignende Maade: „Ou il n'existe point de principe de l'inflammabilité, ou ce gas (Brint) en contient certainement une quantité considérable, & qui en même tems y paraît lié d'une manière beaucoup moins forte que dans tous les autre corps combustibles“ [1]). Men det var dog først Kirwan, der i den nævnte Afhandling af en stor Mængde vigtige og for største Delen rigtige Iagttagelser, som stemte med Flogistontheorien, men som Lavoisier ikke kunde gjøre Rede for, drog den Slutning, at Brinten var identisk med Flogiston [2]), dog saaledes, at dette i Brint var forbundet med saa megen Varme, som var nødvendig for at bringe det fra den faste Tilstand i Metaller og syredannende Stoffer til den luftformige i Brint. Alle brændbare Stoffer indeholdt derfor Brint, som vel hyppig var meget uren, fordi den endnu var blandet med en Rest af det Stof, hvoraf den var fremstillet, men dog væsentlig var Brint ɔ: den brændbare Luft af Metaller, som af alle brændbare Luftarter var den reneste og derfor ogsaa den mest brændbare. At Metallerne virkelig indeholde Brint, og at det er denne, som ved at forene sig med Kalkene giver dem Glands og Karakter af Metaller, viste mange Erfaringer. Priestley [3]) havde jo allerede af Metaller, især Jern og Zink, fremstillet brændbar Luft ved at ophede dem med et Brændeglas over Kvægsølv [at denne brændbare Luft hidrørte fra Fugtighed eller Olie, kunde man dengang ikke vide], og De la Metherie [4]) havde faaet samme Resultat ved at ophede Staalfilspaan i en lille Retort og deraf draget den Slutning, at Brint sandsynligvis var identisk med Flogiston [5]). Ved at afgive denne brændbare Luft havde Metallerne tabt deres metalliske Udseende og vare gaaet over til Kalke. Jernkalkene i De la Metherie's Forsøg vare dog endnu magnetiske. Zink, Arsenik, en Blanding af Bly og Tin kunde endog brænde med Flamme og gik derved over til Kalke. At den Brint, som udvikledes ved Metallers Opløsning i Syrer, ikke hidrørte fra Syren, men fra Metallet, fremgik tydelig af, at Scheele [6]) og Lassone [7]) ogsaa havde faaet Brint ved Opvarmning af Zink med kaustiske Alkalier, Scheele endog ved længere Henstand af Jernfilspaan med Vand [6]). Paa lignende Maade fremgik af Gengembre's Forsøg [8]), som dog først offentliggjordes efter Kirwan's Arbejde, at Fosfor indeholdt Brint, thi ved Kogning med Alkalier gav det en brændbar Luft, som vel indeholdt noget Fosfor, men dog aabenbart var fremkommet ved, at Fosforets Fosforsyre havde forbundet sig med Alkaliet, medens dets Flogiston (Brint) havde udviklet sig. Scheele [9]) havde ophedet en Blanding af Jernfilspaan og Svovl i en lille Retort,

---

1) Macquer: Dict. de Chymie, 2 Éd. Paris 1778, 8⁰, 2, 320.

2) Sml. ogsaa Wieglebs Referat af Kirwan's Afhandling, (Crell's Ann. 1784, **1**, 207), hvor adskilligt er tilføjet.

3) Exp. a. Observ. on diff. kinds of Air, **2**, 107 f.

4) Journal de phys. **18**, 156 (1781).

5) Ibid. **19**, 16 (1782). Sml. De la Metherie: Essai analytique sur l'air pur et les diff. espèces d'air, Paris 1785, 8⁰, S. 78.

6) Ueber Luft u. Feuer. § 96; Werke **1**, 232.

7) Journ. d. phys. **10**, 213 (1776).

8) Mém. des savans étrang. **10**, 681 (1783).

9) Ueber Luft u. Feuer. § 81; Werke **1**, 186.

paa hvis Hals var bundet en fugtig Blære, og derved under et Lysfænomen faaet brændbar Luft uden Lugt [idet Vanddampe havde virket paa Jernet]. Det var da klart, at Svovlets Svovlsyre og Jernets Kalk havde forenet sig, og at baade Svovl og Jern havde afgivet deres Flogiston (Brint). Alt dette var nu analytiske Erfaringer, som godtgjorde paa den ene Side, at Metallerne indeholdt Flogiston, paa den anden, at Flogiston var identisk med Brint eller dog indeholdtes i stor Mængde i denne Luftart. Men det samme godtgjordes ved mange Erfaringer af synthetisk Natur. Chausvier[1]) havde reduceret Kalke af Jern, Bly og Kvægsølv ved at lede en Brintflamme paa dem. Montigny og Macquer[2]) havde ledet Brint i Opløsninger af Sølv- og Kvægsølvsalte og seet, at disse derved sværtedes, et sikkert Tegn paa, at der var gjendannet Metal. Pelletier[3]) have ligeledes faaet metallisk Arsenik ved at lede Brint i en Arseniksyreopløsning. Achard[4]) havde ledet Brint i smeltende Salpeter og faaet heftige Detonationer, hvorved Salpeteret var sønderdelt paa det indholdte Alkali nær; da nu intet andet Stof end Flogiston detonerer med Salpeter, var det højst sandsynligt, at Brint og Flogiston vare identiske. Men endnu mere afgjørende vare Forsøg, som Priestley skriftlig havde meddelt Kirwan, og hvorved han havde opvarmet Kalke af Jern, Bly, Kobber og Tin ved Hjælp af et Brændeglas i et med Kvægsølv afspærret Rumfang Brint og derved faaet dem reducerede til Metaller. Samtidig var et betydeligt Rumfang af Brinten forsvundet, og den tilbageblivende Del var af samme Beskaffenhed som den oprindelige. Dette var af særlig Vigtighed; thi det beviste, at Brint ikke blot indeholdt en stor Mængde Flogiston, men at Brinten helt bestod af Flogiston, altsaa var identisk dermed. Ikke mindre afgjørende i saa Henseende var den Omstændighed, at Jern af en Kobbervitriolopløsning udskilte metallisk Kobber uden Udvikling af nogen Luftart eller Udskillelse af noget andet Stof. Thi da Jern med den i Kobberoplosningen indeholdte Svovlsyre afgiver Brint, men denne slet ikke viser sig ved Anvendelse af Kobberopløsningen, saa maa den tilstedeværende Kobberkalk optage Brinten helt og holdent, og da den herved gaaer over til Metal, maa Brint og Flogiston være identiske.

Mange mente nu nok, at Brinten indeholdt Flogiston, som frembragte de nævnte Virkninger, men at det Flogiston, den indeholdt, var forbundet med et eller andet Stof. Nogle antog, at dette var en Syre[5]), andre, at det var en Jordart[6]), atter

[1]) Journ. de phys. **10**, 313.

[2]) Macquer's Dict. de Chymie 2 Éd. 1778, **2**, 320.

[3]) Journ. de phys. **19**, 135 (1782).

[4]) N. Mém. de l'Acad. R. de Berlin 1778, S. 17.

[5]) Det var paa et vist Tidspunkt Priestley's Mening „that the inflammable air universally consists of the union of some acid vapour with phlogiston“ (Exp. a. Obs. on diff. kinds of Air **1**, 109). Fontana havde antaget, at den af Jern og Svovlsyre udviklede ikke blot var sur, da den farvede Lakmus rød, men endog, at den indeholdt Jern: „Je puis assurer que l'air inflammable tiré de l'acide de vitriol & de fer, est acide, car il teint le tournesol en rouge. D'ailleurs le fer entre dans la composition de cet air & je me suis assuré de cette vérité par plusieurs expériences“ (F.: Recherches phys. sur la nature de l'air nitreux et de l'air déphlogistiqué, Paris, 1776, 8°, S. 105). Senere kom han dog bort fra denne Mening (Phil. Trans. 1782, **1**, S. 204).

[6]) Dette var Baumé's Mening (Chym. expér.).

andre, at det var Ilt[1]). Overfor alle disse Formodninger gjør KIRWAN dog den træffende Indvending: „It is impossible to think, that the phlogiston can in every substance, that produces inflammable air meet the same acid or earth or any respirable air“ [2]).

KIRWAN forsøger nu at godtgjøre, at Kulsyre er en Forbindelse af Flogiston (= Brint) og Ilt, og at, naar Metallerne og de syredannende Stoffer optage Ilt, sker det paa den Maade, at deres Flogiston forener sig med Ilt, og at denne Forbindelse forbliver forenet med Metallet og det syredannende Stof. Theorien er ganske den samme som SCHEELE's (se ovenfor S. 40), kun at KIRWAN mener, at *FO* ikke er Varme, men Kulsyre. Som Beviser for Rigtigheden af sin Anskuelse anfører KIRWAN følgende:

PRIESTLEY har vist[3]), at ved alle Processer, hvor Flogiston løsnes (is disengaged) fra et Stof, altsaa ved Forbrænding, Aandedrag, Kalcination af Metaller, Forraadnelse, Sønderdeling af Kvælstofoxyd ved Ilt, forbruges Ilt og dannes Kulsyre. Ved Dyre- og Plantestoffers Sønderdeling ved Forbrænding, Forraadnelse o. s. v. kan nu denne antages at hidrøre fra det organiske Stof. Men ved saadanne Stoffer, som i sig selv ikke indeholde Kulsyre, maa denne hidrøre fra det Flogiston, Stoffet indeholder, og fra Ilten. Af saadanne Processer anfører KIRWAN især fire, nemlig Forkalkning af Metaller, Kvælstofoxydets Sønderdeling af Ilt, atmosfærisk Lufts Formindskelse ved den elektriske Gnist og dens Formindskelse ved Amalgation.

1) Metallerne kalcineres i almindelig Luft, idet denne samtidig mister $^1/_4$ eller $^1/_5$ af sit Rumfang. Men LAVOISIER har bevist, at herved intet gaaer tabt, idet Metallet tiltager netop saa meget i Vægt, som Luften taber. Da nu især Blykalke og Jernkalke ved Ophedning give Kulsyre, kan denne ikke hidrøre fra andet end Flogiston og Ilt: „In all these cases the fixed air could surely come from nothing else but the incumbant respirable air and the phlogiston of the metal“ [4]).

2) PRIESTLEY har vist, at, naar Kvælstofoxyd sønderdeles af Ilt over Kalkvand, fældes dette[5]): „In this case also, the fixed air must proceed from the respirable air and the phlogiston of the nitrous air“.

3) PRIESTLEY[6]) har fremdeles fundet, at almindelig Luft ved den elektriske Gnist taber $^1/_4$ af sit Rumfang, at samtidig Lakmus farves rødt og tilstedeværende Kalkvand fældes: „Whence could the fixed air, here produced, proceed but from the common air and the phlogiston of the metallic conductors?“

4) Ved Rystning af Bly og Kvægsølv i en Flaske med Luft taber denne $^1/_4$ i Rumfang, og Resten er flogisticeret Luft (Kvælstof). Rumfangsformindskelsen er betydelig større i en Flaske med Ilt[7]). Blyet omdannes til Kalk, som absorberer den

[1]) Om denne SCHEELE's Anskuelse se ovenfor S. 41.
[2]) Phil. Trans. 1782, **1**, 202.
[3]) Ibid. 1772, S. 147—252; Exp. a. Obs. on diff. kinds of Air **1**, Part 1.
[4]) Phil. Trans. 1782, **1**, 215.
[5]) Exp. a. Obs. of diff. kinds of Air **1**, 182.
[6]) Exp. a. Obs. on diff. kinds of Air **1**, 184, 186.
[7]) PRIESTLEY: Exp. a. Obs. to Nat. Phil. **1**, 149 (1779).

dannede Kulsyre, thi PRIESTLEY uddrev Kulsyren deraf[1]): „Whence would this fixed air proceed, but from the respirable air? For surely neither lead nor mercury contain any“ [2]).

Efter disse synthetiske Beviser for, at Kulsyre bestaaer af Flogiston og Ilt, anfører KIRWAN ogsaa nogle analytiske. SCHEELE har vist[3]), at Isvand, mættet med Kulsyre, efterhaanden opløser fintreven Brunsten, og at denne Opløsning giver et hvidt Bundfald med Alkalier. Kulsyren maa altsaa indeholde Flogiston, da Brunsten kun opløses af flogisticerende Syrer. Efter PRIESTLEY's Iagttagelse efterlader Kulsyre, naar den gjentagne Gange opløses i og uddrives af Vand, altid en Rest, som er uopløselig i Vand, formindskes af Kvælstofoxyd og er i Stand til at underholde animalsk Liv: „Hence it (CO_2) is evidently decomposed, the phlogiston separating from it, and gradually uniting to the common atmospher by reason of the repulsive power betwixt it and water“ [4]). ACHARD har fundet[5]), at, naar man leder Kulsyre gjennem smeltet Salpeter, bliver den næsten ligesaa rig paa Ilt som atmosfærisk Luft. Her tiltrækker nemlig Salpetersyren Kulsyrens Flogiston.

Noget senere meddeler KIRWAN i et Brev til CRELL[6]), at PRIESTLEY har ophedet Jern i Ilt med et Brændeglas og derved faaet Ilten omdannet til Kulsyre paa 1/10 nær, som var Ilt, og har destilleret rødt Præcipitat med Jernfilspaan og derved faaet Kulsyre paa 1/6 nær, som var Ilt[7]). KIRWAN tilføjer: „Wider so entscheidende Versuche kann selbst der entschlossenste Gegner nichts vorbringen“.

Forskjellige misforstaaede eller unøjagtige Forsøg af PRIESTLEY bringer KIRWAN til at antage, at „phlogisticated air (Kvælstof) consists of fixed air super-saturated with phlogiston, as sulphur does of volatile vitriolic acid super-saturated with phlogiston“ [8]). Dette tjener ham til Forklaring af PRIESTLEY's Iagttagelse[9]), at, naar en Blanding af Brint og almindelig Luft tændtes ved en elektrisk Gnist over Kalkvand, skete Forbindelsen paa en Gang, men uden at Kalkvandet fældedes. Men da det er lige saa vist, at Kulsyre dannes ved andre Processer, hvor Flogiston og Ilt forene sig, saa beviste Forsøget blot, „that in these particular circumstances, where a large quantity of phlogiston is suddenly heated and transferred all at once upon the dephlogisticated part of common air, phlogisticated air may be formed as sulphur is formed, when a large quantity of hot phlogiston is united all at once to the vitriolic acid“ [10]) (medens der i Reglen dannes Svovlsyrling).

---

[1]) Ibid. S. 144; jfr. Phil. Trans. 1784, 1, 121, 166, 179. SCHEELE fandt senere (CRELL's Ann. 1785, 1, 456), at der paa denne Maade ikke dannes Spor af Kulsyre.

[2]) Phil. Trans. 1782, 1, 217.

[3]) Om Brunsten § 12. K. Sv. Vet. Ak. Handl. 35, 96 (1774), (Werke 2, 44).

[4]) Phil. Trans. 1782, 1, 224.

[5]) N. Mém. de l'Acad. de Berlin 1778, S. 17.

[6]) CRELL's Ann. 1784, 1, 38.

[7]) PRIESTLEY's Iagttagelser findes Phil. Trans. 1783, 2, 413.

[8]) Phil. Trans. 1782, 1, 222.

[9]) Exp. a. Obs. Nat. Phil., 2, 124, Birmingham 1781, 8°.

[10]) Phil. Trans. 1782, 1, 226.

Naar LAVOISIER har fundet, at rødt Præcipitat ved Ophedning alene giver Ilt og den deri indeholdte Mængde Kvægsølv, saa ligger det alene i, at den i Kvægsølvkalken tilstedeværende Kulsyre dekomponeres: dens Ilt bliver fri, og dens Flogiston forener sig med Kvægsølvkalken og danner Kvægsølv. Det er klart, at KIRWAN her, uden at han dog nævner det, ligesom SCHEELE maa antage to Slags Kalke, nemlig en Slags (*Mk*, se ovenfor S. 40), som ikke kjendes i fri Tilstand, og en anden (*Mk FO*), som er de virkelig kjendte.

Støttet paa hele denne Opfattelsesmaade bestemmer KIRWAN[1]) endogsaa Mængden af Flogiston (= Brint) i Kulsyre, idet han efter PRIESTLEY[2]) antager, at 97 Rumfang Ilt er i Stand til at optage det Flogiston, som 100 Rf. Kvælstofoxyd afgiver (hvorved dette i Nærværelse af Vand danner Salpetersyre, og det er, ligeledes efter PRIESTLEY[3]), den samme Mængde som 200 Rf. Brint afgiver. Nu vejer 200 cubic inches Brint 7 grains[4]), 97 cubic inches Ilt 40,74 grains. Altsaa vil Kulsyre indeholde 85,34 Proc. Ilt og 14,66 Proc. Brint. Fejlen ligger, bortset fra, at Brint regnes for Kulstof, tildels i, at KIRWAN antager 1 l Ilt = 1,67 gram, 1 l Brint = 0,14 gram.

I hele denne Betragtningsmaade erklærede PRIESTLEY sig fuldstændig enig[5]).

Besynderligt nok tager KIRWAN aldeles intet Hensyn til Erfaringer, som SCHEELE havde gjort, og som slet ikke stemte med hans Theori. I „Ueber Luft und Feuer", hvis engelske Udgave ved J. R. Forster udkom 1780 med Anmærkninger af Kirwan selv, fandtes dog udtrykkelig meddelt, at hverken ved Svovlleveropløsnings Absorption af Ilten i et begrændset Rumfang Luft[6]) eller ved Forbrænding af Brint[7]) eller Svovl[8]) i Luft lod Dannelse af Kulsyre sig eftervise ved Kalkvand.

At KIRWAN's Theori kunde vinde Tilslutning — og den vandt Tilslutning hos mange Kemikere[9]); SCHEELE siger endog, at den „will überhand nehmen"[10]), GREN, at „fast alle Chemisten und Physiker dieselbe angenommen haben"[11]) — beroede bl. a. paa det ufuldstændige Kjendskab, man dengang havde til Kulsyre[12]). Vel forelaa der udmærkede Arbejder om den af BLACK, MACBRIDE, CAVENDISH, DUC DE CHAULNES, BERGMAN, for blot at nævne de vigtigste, men om Kulsyrens Sammensætning eller, om den overhovedet var sammensat, fremsattes de forskjelligste

---

[1]) Ibid. S. 229—230.
[2]) Exp. a. Obs. Nat. Phil., **1**, 246, London, 1779, 8°.
[3]) Ibid. S. 380.
[4]) 1 engelsk cubic inch = 16,386 cm^3, 1 engelsk grain = 0,065 gm.
[5]) Phil. Trans. 1782, **1**, 230; 1783, **2**, 412.
[6]) Ueb. Luft u. Feuer §§ 10 og 16; Werke **1**, 52, 61.
[7]) Werke **1**, 66.
[8]) Ibid. 72.
[9]) Se CRELL's Beitr. **2**, 313 (1786).
[10]) CRELL's Ann. 1785, **1**, 153.
[11]) CRELL's Beitr. **2**, 306 (1786).
[12]) For Kortheds og Tydeligheds Skyld skal her stadig bruges Navnet Kulsyre istedenfor de forskjellige Navne, de forskjellige Forfattere give den (fixed air, calcareous gas, acide craqeux, acide méphitique, acidum aëreum o. s. v.).

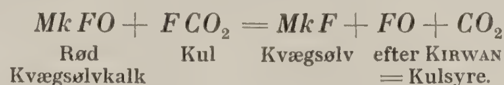
Meninger[1]). Den eneste rigtige, den, som LAVOISIER havde fremsat 1778 (Mém. de

[1]) RUTHERFORD (De aëre mephitico, Edinburgh, 1772, S. 25) antog den for en Forbindelse af almindelig Luft og Flogiston. PRIESTLEY havde næsten lige den modsatte Mening, idet han troede, at det, der manglede Kulsyren, for at den kunde blive til alm. Luft, var Flogiston (Exp. a. Obs. on diff. kinds of Air **1**, 43, **2**, 314 f.), og er nærmest tilbøjelig til at antage den for et Element. Senere (Exp. a. Obs. Nat. Phil. **1**, 384 [1779]) mener han, at den er „a factitious substance“ og en Modification af Salpetersyre eller Svovlsyre, og han imødegaaer den Anskuelse, at Kulsyre er en Forbindelse af Ilt og Flogiston (ibid. S. 446). Tvertimod mener han, at den kan omdannes til Kvælstof, og dette igjen til Ilt, navnlig „by incorporating with water“, saa at Kulsyre „may rather be called the medium between pure air and phlogisticated air and not phlogisticated air the medium between pure air and fixed air“ (ibid. S. 448). Endnu i et Brev til KIRWAN af Aug. 1780 (SCHEELE's Werke **1**, 34—35) fralægger han sig den Anskuelse, at Flogiston omdanner atmosfærisk Luft til Kulsyre, men 1782 meddeler KIRWAN (Phil. Trans. 1782, S. 230), at PRIESTLEY nu ganske deler hans Anskuelse, hvad han er bemyndiget til at meddele. Denne Anskuelse fastholder PRIESTLEY endnu 1786 (Exp. a. Obs. Nat. Phil. **3**, 405).

BERGMAN synes ikke utilbøjelig til at betragte Kulsyre som usammensat: „De aëre fixo evidenter demonstratum confido, quod propriæ sit indolis, semperque acidæ“ (De præcipitatis metallicis 1780; Opusc. **2**, 360). PRIESTLEY's Anskuelse (se ovenfor), at Kulsyre er en Modification af Salpetersyre eller Svovlsyre, forekommer ham yderst tvivlsom, fordi han lader disse Syrer virke paa organiske Stoffer (se ovenfor S. 26), og disse altid indeholde eller danne megen Kulsyre: „Alioquin non diffiteor mihi haud improbabilem esse conjecturam de ortu acidi aërei e nitroso ut mox fusius explicabitur“. Han henstiller da (ibid. 368), om ikke Salpetersyre ved en vis Mængde Flogiston kan blive til Kulsyre, (dog kun „quod acidum nitri sit phlogisti avidissimum illoque pro diversa dosi & connexione mirum in modum mutari queat“), ved en større antage Form af Kvælstof, ved en endnu større danne Varme og ved en endnu større Lys. Disse Anskuelser, som tildels falde sammen med Formodninger af SCHEELE, forholder BERGMAN sig dog noget skeptisk overfor, hvad der allerede fremgaaer af hans Udtryksmaade: „Nonne acidum nitri certa phlogisti dosi abire queat in acidum aëreum?“ Denne sidste Ide synes at være BERGMAN's egen, om end den maaske er fremkaldt ved en Yttring af SCHEELE i et Brev til BERGMAN 1779: „Könnten wir doch auf Mittel gerathen, die Luftsäure noch mehr Flogiston zu entziehen“. (NORDENSKIÖLD: K. W. Scheeles Bref och Anteckningar. Stockholm 1892, S. 297). Tanken dannede nemlig en naturlig Afslutning paa de Forestillinger, SCHEELE i „Ueb. Luft u. Feuer“ gjorde sig om Sammenhængen mellem forskjellige Luftarter, Varme og Lys. Han mener nemlig her, at Kulsyre + Flogiston er Kvælstof, Kvælstof + Flogiston er Ilt, (Werke **1**, 210—213), Ilt + Flogiston er Varme (ibid. S. 74; 84—85), Varme + Flogiston er Straalevarme (ibid. 150, 169), Straalevarme + Flogiston er Lys (ibid. 151, 170), Lys + Flogiston er Brint (S. 230). Men medens han anfører rigtige Forsøg for alle de øvrige nævnte Overgange, er hans Grunde til at antage Kvælstof som Mellemled mellem Ilt og Kulsyre paafaldende svage og usikre. Senere omtaler han slet ikke denne Overgang, men hævder blot imod KIRWAN's Doktrin om Kulsyre som en Forbindelse af Flogiston og Ilt, at „viele glauben noch viel mehr, dass eben jene reine Luft noch weiter deflogistiziert werden müsse um Luftsäure zu werden, und wenn sie gänzlich vom Phlogiston frey sey, werde sie Salpetersäure“ (CRELL's Ann. 1784, **2**, 123). Ved den sidste Sætning bifalder altsaa SCHEELE BERGMAN's Tanke, og han fastholder endnu Aaret efter (ibid. 1785, **1**, 153) denne Mening.

MACQUER siger ligefrem, at om Kulsyrens Bestanddele vides intet sikkert: „A peine même peut-on former à ce sujet de simples conjectures revêtues d'un certain degré de vraisemblance“, men er dog, skjøndt med stor Reservation, tilbøjelig til at antage den af PRIESTLEY (se ovenfor) forkastede Mening, at: „l'air phlogistique paraît être moyen entre celui d'air pur et celui de gas méphitique (Kulsyre)“. (Dict. de Chymie 2 Éd. **2**, 295). Ogsaa GREN (CRELL's Beitr. **3**, 235; 1787) anser nærmest Kulsyren for et Element, „weil wir ihre ungleichartigen Bestandtheile gar nicht kennen“. MONNET (Traité de la dissolution des métaux, Paris 1775, 12°, S. 21) betragter BERGMAN's acidum aëreum kun som „un être de raison“ og mener, at Kulsyre ikke er andet end „de l'air ordinaire, combiné d'une manière extraordinaire de l'eau“. At den rødner bleg Plantefarve, er ikke nok til at kalde den en Syre. SAGE (Elémens de minéralogie, Paris 1777, **1**, Préface x) antog, at Kulsyre var en ved Flogiston modificeret Saltsyre. DE LA METHERIE

l'Acad. des Sc. 1775, 526 [trykt 1778]; Œuvres 2, 128; sml. „Om Iltens Opdagelse", S. 232) nemlig at „l'air fixe est le résultat de la combinaison de la portion éminemment respirable de l'air avec le charbon", havde han dog ikke givet andet Bevis for, end at den opstod ved Ophedning af Præcipitatum per se med Kulpulver. Dette Bevis kunde dog KIRWAN selvfølgelig ikke tage for gode Varer, fordi han som alle Flogistikere betragtede Kul som en Forbindelse af Flogiston og Kulsyre, og Processen altsaa for ham naturligvis maatte opfattes saaledes (sml. ovenfor):



Snart efter at KIRWAN havde offentliggjort sin Theori, skete imidlertid en Opdagelse, som paa den ene Side, ved den Fortolkning, LAVOISIER gav den, fjernede alle de Vanskeligheder, Brinten og dens Forbindelser havde beredt hans Theori, paa den anden Side skulde vise sig at være et dødbringende Stød for KIRWAN's Anskuelser. Det var Opdagelsen af Vandets Sammensætning, som omtrent samtidig gjordes af CAVENDISH og LAVOISIER. Den Prioritetsstrid, den gav Anledning til[1]), skulle vi her ikke dvæle ved, men udelukkende holde os til selve Opdagelsen og de Slutninger, de to berømte Forskere drog af den. CAVENDISH's Afhandling blev læst i Royal Society 15. Jan. 1784, men Forsøgene skrive sig tildels fra Sommeren 1781. LAVOISIER's første Forsøg, som han gjorde sammen med DE LAPLACE, udførtes 24. Juni 1783 og meddeltes Akademiet Dagen efter. Den 12. Nov. s. A. holdt han Foredrag derom i Akademiet[2]).

CAVENDISH tager i sin Afhandling[3]) strax Afstand fra KIRWAN: „Many gentlemen have supposed, that fixed air is either generated or separated from atmospheric air by phlogistication, and that the observed diminution is owing to this cause". Hans første Forsøg gik derfor ud paa at undersøge, om fix Luft overhovedet dannes saaledes. Forsøg med organiske Stoffer, som alle selv indeholde fix Luft, kunde selvfølgelig ikke bevise noget. De eneste beviskraftige Methoder vare Kalcination af Metaller, Forbrænding af Svovl og Fosfor, Blanding af Kvælstofoxyd med Ilt

(Essai analytique sur l'air pure, Paris 1785, 8°, S. 104) ansaa Kulsyren for „un produit de la combinaison de l'air pur & du principe de chaleur combinée". Brint, der var fremstillet af Jern og Saltsyre og vasket med Kalkvand, gav ham nemlig ved Forbrænding Kulsyre. Herved blev efter hans Mening Brinten sønderdelt, og dens „chaleur combinée" forenede sig med Ilt til Kulsyre. Efter LANDRIANI (Ricerche fisiche intorno alle salubrità dell'aria, Milano, 1775, 4°, S. 49) er Kulsyren forskjellig efter de forskjellige Syrer, hvormed den uddrives af kalkagtige Stoffer, og ligeledes efter FONTANA (Ricerche fisiche sopra l'aria fissa), som mener, at naar den fuldstændig befries for disse Syrer, bestaaer den kun af atmosfærisk Luft, der ved flogistiske Processer har afgivet sin egen Syre (som er forskjellig fra alle andre Syrer, og som især er den, der gjør Luften sund). PRIESTLEY (Exp. a. Obs. **2**, 317) tager dog Afstand fra disse Ideer af L. og F. DEIMAN og VAN TROOSTWYK antog, at Kulsyre bestod af den Syre, man brugte til at udvikle den, og Flogiston (CRELL's Beitr. **3**, 49); i den, der udvikles ved Glødning af Kridt, fandt de Salpetersyre (ibid. 46).

[1]) Se især KOPP's Beitr. z. Gesch. d. Chemie, Braunschweig, 1875, 3. Stück, 237 ff.

[2]) Et Referat af Foredraget findes i Journ. de phys. **23**, 452 (Dec. 1783). Det fuldstændige Arbejde blev offentliggjort i Mém. de l'Acad. de sc. 1781, 468 (trykt 1784).

[3]) Phil. Trans. 1784, **1**, 119—153.

eller Luft og Explosion af Brint med Ilt. Han paaviser nu nærmere, at der aldeles ikke dannes Kulsyre hverken ved Kalcination af Metaller eller ved Forbrænding af Svovl eller Fosfor, eller naar Kvælstofoxyd bringes sammen med Luft, naar begge Luftarter i Forvejen ere rensede med Kalkvand. [Dette sidste stadfæstede senere SCHEELE[1]).] Dannelse af Kulsyre ved Rystning af Blyamalgam med Luft var ganske usikker. Heller ikke kunde Kulsyre paavises, naar man lod Brint explodere med almindelig Luft eller med Ilt. Han viser nu ved de bekjendte Forsøg, at, naar Explosionen foretages med en passende Blanding af Brint og Ilt „almost the whole of the inflammable and dephlogisticated air is converted into pure water" [2]). Smaa Mængder af Salpetersyre, som undertiden dannes ved disse Forsøg, tilskriver han med Rette Urenheder i de to Luftarter[3]), og som Hovedresultatet af Forsøgene fremhæver han „that dephlogisticated air is in reality nothing but dephlogisticated water, or water deprived of its phlogiston, or, in other words, that water consists of dephlogisticated air united to phlogiston, and that inflammable air is either pure phlogiston, as Dr. PRIESTLEY and Mr. KIRWAN suppose, or else water united to phlogiston" [4]). Begge Antagelser stemme lige godt med Forsøget, men den sidste forekommer ham rimeligst, fordi Luft og Ilt først optage Flogiston fra Brint ved Rødglødhede, medens de optage det af Kvælstofoxyd, Svovllever og mange andre Stoffer uden saadan Bistand, samt fordi det overhovedet er vanskeligt at forstaa, at de ikke skulde være istand til at forene sig med Flogiston, naar det blev budt dem i ren Tilstand, men derimod forene sig dermed, naar det ved en vis Affinitet var bundet til andre Stoffer. Desuden kjender han ikke noget Forsøg, som viser, at Brint er rent Flogiston, undtagen det, hvor Priestley har uddrevet Brint og Jern alene ved Ophedning[5]), men denne Brint hidrører efter al Sandsynlighed fra lidt tilfældigt Vand, eftersom Jern ikke synes tilbøjeligt til at afgive Flogiston ved Varme alene, men kun naar der tillige er Luft eller lignende tilstede.

Resultatet af sine Forsøg sammenfatter CAVENDISH[6]) saaledes: „there seems the utmost reason to think, that dephlogisticated air is only water deprived of its phlogiston, and that inflammable air is either phlogisticated water, or else pure phlogiston; but in all probability the former". Efter C.s Mening er Vand altsaa et ubekjendt x, Ilt er $x \div$ Flogiston, Brint $x +$ Flogiston.

Sin Opfattelse af Metallernes Kalcinering oplyser han med rød Kvægsølvkalk som Exempel. Denne indeholder ligesaa meget Flogiston som det Kvægsølv, den er fremstillet af. Naar Kvægsølvet forbinder sig med Ilt, vil det sige det samme som, at det afgiver Flogiston, og at Resten forbinder sig med Vand. Atter her møde vi altsaa SCHEELE's Tanke, at Metallerne bestaae af ubekjendte Metalkalke og

---

[1]) CRELL's Ann. 1785, 1, 456.
[2]) Phil. Trans. 1784, 133.
[3]) Se nærmere Phil. Trans. 1785, 372.
[4]) Phil. Trans. 1784, 1, 137.
[5]) PRIESTLEY's Forsøg findes i Exp. a. Obs. on diff. kinds of Air, 2, 107.
[6]) L. c. S. 140.

Flogiston. CAVENDISH tilføjer her en interessant Note[1]): „Unless we were much better acquainted than we are with the manner in which different substances are united together in compound bodies, it would be ridiculous to say, that it is the quicksilver in the red precipitate which is deprived of its phlogiston, and not the water, or that it is the water and not the quicksilver; all that we can say is, that red precipitate consists of quicksilver and water, one or both of which are deprived of part of their phlogiston".

CAVENDISH slutter sin Afhandling med at erindre om, at LAVOISIER ganske forkaster Flogiston og istedenfor Tab af Flogiston sætter Optagelse af Ilt. Denne Theori forklarer baade Resultaterne af de foregaaende Forsøg og de fleste andre Fænomener ligesaa godt eller næsten ligesaa godt som Flogistontheorien[2]), og det vil være meget vanskeligt ved Forsøg at afgjøre, hvilken af de to Theorier der er den sande: „But as the commonly received principle of phlogiston explains all phænomena, at least as well as Mr. LAVOISIER's, I have adhered to that". Der er især en Omstændighed, som han tillægger en vis Vægt. Planterne ernære sig trods deres uendelige Forskjellighed næsten udelukkende af Vand, Kulsyre og Kvælstof, som efter Flogistontheorien i Planterne ere forbundne med Flogiston, efter LAVOISIER have afgivet Ilt, saa at Plantestofferne efter den sidstes Mening er mindre sammensatte end de Stoffer, hvortil de opløses ved Forbrænding, „and it is more reasonable to look for great variety in the more compound than in the more simple substance"[3]).

Til LAVOISIER's Theori om Ilten som Syreprincip har han kun det at bemærke, at Saltsyren ikke kan tabe sine sure Egenskaber ved at (optage Flogiston eller) afgive Ilt, og at Vinsyre, Oxalsyre og efter al Sandsynlighed alle vegetabilske og animalske Syrer ved Forbrænding iltes til Vand, Kulsyre og Kvælstof og derfor indeholde mindre Ilt end disse tre neutrale eller næsten neutrale Stoffer.

KIRWAN tog strax til Gjenmæle[4]) mod CAVENDISH's Afhandling. Denne havde jo ramt hans Theori paa dens vigtigste Punkt, idet han havde paavist, at Brint og Ilt ikke forenede sig til Kulsyre men til Vand. KIRWAN bemærker hertil, at han egentlig ikke er overrasket ved, at der under de af CAVENDISH anvendte Forhold dannes en anden Forbindelse end sædvanligt, snarere maatte man vente saadant apriori „in circumstances the most favourable to the closest and most intimate union; for both [Luftarter], in the act of inflammation, are rarefied to the highest degree, both give out their specific fire, the great obstacle to their union, the resulting compound is necessarily reduced into a denser state, which the present experiment shows to be water; whereas, in common cases of combustion, the phlogiston being denser and less divided, united less intimately with the dephlogisticated air, consequently expells less of its specific fire and therefore formes a less dense compound, viz. fixed air". Han antager altsaa en Slags Isomeri mellem Vand

[1]) Ibid. S. 143.
[2]) Ibid. S. 149.
[3]) Ibid. S. 152.
[4]) Ibid. S. 154 læst 5. Febr. 1784).

og Kulsyre og mener, at det første dannes ved højere, den sidste ved lavere Temperatur. Iøvrigt ere hans Modbemærkninger til CAVENDISH temmelig svage. Han henholder sig især til, at der er saa lidt Kulsyre i Atmosfæren, at man ikke derved kan forklare sig Metalkalkens Indhold af Kulsyre, og til at PRIESTLEY i sin sidste Afhandling[1]) har vist, at rødt Præcipitat destilleret med Jernfilspaan, giver en stor Mængde Kulsyre. Fremdeles er der ikke noget Stof, som giver Ilt, uden at det tillige giver Kulsyre, selv praecipitatum per se ikke undtaget[2]), og hvad der er mærkeligt, de give alle først Kulsyre og derpaa Ilt. At der dannes Kulsyre ved Blanding af Kvælstofoxyd og Ilt, ansaa han for sikkert efter PRIESTLEY's Forsøg[3]), saa meget mere som andre ogsaa have fundet det samme[4]), og skjøndt han selv ikke faaer Bundfald med Kalkvand, søger han at bortforklare det.

I sit Svar herpaa[5]) henholder CAVENDISH sig hovedsagelig til „the most material experiment alledged by Mr. KIRWAN", nemlig PRIESTLEY's Meddelelse om, at man ved Opvarmning af rødt Præcipitat med Jernfilspaan faaer Kulsyre. C. viser nu, at denne hidrører fra den Grafit, Jernet indeholder[6]), og fastholder den Slutning, han har draget af sine Forsøg i sin Hovedafhandling, „that the diminution af common air by phlogistication is by no means owing to the generation or separation of fixed air from it" [7]).

KIRWAN's Duplik[8]) drejer sig kun om irrelevante Bagateller.

Vi skulle nu se, hvilke Slutninger LAVOISIER og DE LAPLACE drog af det Forsøg, de udførte 23. Juni 1783, og hvori de ved Forbrænding af Brint og Ilt fremstillede 5 gros eller omtrent 19 g. Vand. I den Beretning, de Dagen efter gav Akademiet om deres Forsøg, hedder det: „nous ne balancâmes pas à en conclure que l'eau n'est point une substance simple et qu'elle est composée poids pour poids d'air inflammable et d'air vital" [9]). Denne Slutning forekommer os med vore Forudsæt-

[1]) Phil. Trans. 1783, 413.

[2]) PRIESTLEY's Exp. a. Obs. **3**, 15, 16.

[3]) Ibid. **1**, 114, 189; **2**, 218.

[4]) FONTANA, Rech. phys. s. l'air nitreux et l'air déphlogistiqué, Paris, 1776, 8⁰, S. 77. — GUYTON DE MORVEAU, MARET ET DURANDE: Elémens de Chymie, Dijon 1777, 8⁰, **1**, 324.

[5]) Phil. Trans. 1784, **1**, 170.

[6]) SCHEELE imødegaaer KIRWAN's Theori ved at paavise det samme og spørger med Rette: „Warum nimmt man denn allemal Eisenfeil zu solchen Versuchen, und nicht reinere Metalle?" Ved Anvendelse af ganske rent Kobber faaer man ikke Spor af Kulsyre (CRELL's Ann. 1785, **1**, 155). Hertil bemærkede KIRWAN, at Kobberets Flogiston er langt stærkere bundet end Jernets, og at det røde Præcipitat derfor ikke saa let kan tiltrække det som Jernets (Ibid. **2**, 336), men GREN viste, at man heller ikke faaer Kulsyre ved Anvendelse af rent Bly eller Zink; hvorpaa dog KIRWAN's Bemærkning ikke passer (CRELL's Beytr. **3**, 231; 1787).

[7]) Phil. Trans. 1784, **1**, 177.

[8]) Ibid. 178.

[9]) Mém. de l'Acad. des Sc. 1781, S. 468 (trykt 1784): Œuvres 2. 339. — Senere udførte LAVOISIER og MEUSNIER en Synthese af c. 170 gram Vand med Anvendelse af tørre Luftarter i Nærværelse af en Kommission paa 20 Medlemmer, som vare udnævnte af Akademiet, og flere andre Videnskabsmænd (Journal polytipe 27. Febr. 1786; Ann. de Chim. **3**, 70). Det er dette Forsøg, som bragte dem til at antage, at Vand var sammensat af 85 % Ilt og 15 % Brint (rigtig 88,87 og 11,13), som det sædvanlig angives i den Tids Litteratur.

ninger selvfølgelig. Men saaledes stillede det sig ikke for Datiden. Ovenfor saa vi, at CAVENDISH af ganske lignende Forsøg drog en ganske anden Slutning. MONGE havde uden at kjende noget til CAVENDISH's eller LAVOISIER's og DE LAPLACE's Forsøg, omtrent samtidig med disse sidste, i Mezières fremstillet ikke mindre end 111,8 gram Vand ved at lade en Blanding af Ilt og Brint i smaa Portioner explodere ved den elektriske Gnist og med et Tab af kun 5,2 gram, som han forklarede paa en aldeles tilfredsstillende Maade. Men uagtet hans Arbejde først blev offentliggjort[1]) 2 Aar efter LAVOISIER's og DE LAPLACE's, accepterer han ingenlunde uden videre deres Forklaring: Det kommer an paa — siger han, om de to Luftarter ere Opløsninger af to forskjellige Stoffer i Varme, og om de ved Forbrændingen afgive Opløsningsmidlet (Varme) og forene sig til Vand, som da skulde være et sammensat Legeme (dette var jo LAVOISIER's og DE LAPLACE's Mening) — eller om Ilt og Brint er at opfatte som Vand, der er opløst i to forskjellige Luftarter, [som ved Ophedningen afgive det Vand, de indeholde, medens de selv forene sig til Varme, som da skulde være et sammensat Legeme: „Les deux conséquences sont également extraordinaires.“ Men efter den første skulde de to i Varme opløste Stoffer ved Tilsætning af mere Opløsningsmiddel udskille sig, hvad der er i absolut Strid med Erfaringer fra alle lignende Forhold i Kemien. SCHEELE siger i Anledning af CAVENDISH's og LAVOISIER's Opdagelse: „Ich bin ganz abgeneigt zu glauben, dass das Wasser aus dem Grundwesen der Feuerluft und Phlogiston bestehe.“[2]) Han fremstillede for første Gang Vand af de tørre, med Potaske afvandede Luftarter, og mener nu i Modsætning til sine tidligere Anskuelser[3]), at Ilten er „ein elastisches Fluidum, bestehend aus einem nicht elastischen Grund- oder Salzwesen (principium salinum), einer gewissen, obwohl nur geringen Menge Phlogiston, und aus einer gewissen Quantität Wasser ... es ist sehr wahrscheinlich, dass, wenn wir die Salpetersäure gänzlich vom Wasser entledigen könnten, so würde diese Säure dem Salzwesen sehr nahe kommen.“ Brinten bestaaer „aus dem Salzwesen und viel Phlogiston.“ Vand kan den ikke indeholde, da man efter PRIESTLEY[4]) kan faae den ved simpel Ophedning af Metaller. Naar nu Brint og Ilt antændes, tiltrækker Iltens principium salinum Brintens Flogiston og danner Varme og Lys; begge Luftarters specifike Varme sættes i Frihed og Iltens Vand udskilles. Heraf drager han følgende Slutninger m. H. t. Syrerne: „Die Säuren und metallischen Erden haben in ihrem reinsten Zustande (in diesem Zustande haben wir sie vermuthlich noch nie gesehen) eine sehr starke Anziehung zu einer gewissen Quantität Wasser, wenn sie ihres Phlogiston entblösst sind; und umgekehrt diese Säuren und metallischen Erden lassen dieses so fest gehaltene Wasser wiederum fahren, sobald dieselben mit dem Phlogiston in Verbindung gehen.“ Denne Sætning holder han dog for mere end en Hypothese. Naar man forbrænder Fosfor, vil herefter Iltens principium salinum forene sig med saa meget Flogiston,

---

[1]) Mém. de l'Ac. des Sc. 1783, S. 78 (trykt 1786).

[2]) CRELL's Ann. 1785, **1**, 233.

[3]) Se: Om Iltens Opdagelse (Vid. Selsk. Skr. [7] **4**, 239).

[4]) Se ovenfor S. 47.

som behøves for at danne Varme og Lys, denne Varme tilligemed den specifike (latente) Varme, som Ilten indeholder, gaaer bort, „das Wasser aber, welches von diesem Salzwesen nun verlassen ist, verbindet sich mit der Säure des Phosphorus[1]) und da haben wir denn die Ursache der vermehrten Schwere“[2]). Saaledes skal det altsaa forstaaes, naar SCHEELE[3]) siger: „Ich zweifle gar nicht, dass die Feuerluft den Grund aller Säuren in sich enthält.“ — Ogsaa DE LA METHERIE, som i lang Tid med stor Ihærdighed og Talent, men med ganske utilstrækkelige Vaaben bekjæmpede LAVOISIER's Anskuelser, mener, at Ilt og Brint iforvejen indeholde det dannede Vand. Men paa Spørgsmaalet om, hvad der da bliver af Luftarterne, som reduceres til et saa lille Rumfang, har han kun det Svar: „Nous l'ignorons parfaitement“[4]). — Af disse Eksempler, som let kunde forøges med flere, fremgaaer, at Forsøgets Resultat her ikke er det væsentlige, thi det tillod mange Fortolkninger, men at, som BERZELIUS[5]) siger, Opdagelsen ligger i den rigtige Forklaring af Fænomenet, den nemlig, at Vand er et sammensat Legeme, der bestaaer af to andre vejelige Legemer.

Men LAVOISIER og DE LAPLACE havde desuden strax Øjet aabent for den Række Konseqventser, der fulgte af, at Vand var et sammensat Legeme. Allerede i Sept. 1783 udviklede DE LAPLACE for LAVOISIER[6]), at Metaller i fortyndet Svovlsyre lige saa vel som i koncentreret opløste sig i Form af Kalke, d. v. s. forenede med Ilt; og da dette ogsaa sker i lukkede Kar, kunde Ilten ikke hidrøre fra Luften. Den kunde heller ikke hidrøre fra Syren, thi i saa Fald maatte der dannes Svovlsyrling, og desuden havde LAVOISIER vist, at den fortyndede Syre efter Metallets Opløsning deri, krævede lige saa meget Alkali for at omdannes til Alkalisalt som før, og at den altsaa indeholdt Syren i uforandret Mængde. Ilten maatte derfor hidrøre fra Vandets Sønderdeling, og dette viste sig yderligere derved, at dets anden Bestanddel, Brinten, udvikles luftformig. Fra Metallet kan Brinten ikke hidrøre, thi saa skulde den ogsaa udvikle sig ved Opløsning af Metaller i Salpetersyre. Man kunde vel sige, at den her indgik som Bestanddel i det dannede Kvælstofoxyd. Men hvis dette var Tilfældet, maatte den vise sig igjen, naar man forenede Kvælstofoxyd med Ilt og gjendannede Salpetersyren. Desuden udvikles Kvælstofoxyd, naar Salpetersyren virker paa Kvægsølv, men det synes ikke, at Kvægsølvet kan levere Brint til Kvælstofoxydet, da Kvægsølvkalken ved simpel Opvarmning uden Tilsætning af Brint gaaer over til Kvægsølv: „Les considérations sur les airs vital et inflammable, dont l'un se combine et dont l'autre se développe dans les dissolutions métalliques, se réunissent donc pour faire voir que l'eau se décompose dans ces opérations“.

---

1) Her er det ret tydeligt, at S., ligesom han antager radikale (ubekjendte) Metalkalke, ogsaa antager radikale (ubekjendte) Syrer. Sml. ovenfor S. 40.

2) CRELL's Ann. 1785, 1, 236.

3) Ibid. S. 153.

4) DE LA METHERIE: Essay analytique sur l'air pur. Paris 1785, 8⁰, S. 434 ff.

5) Berz. Årsberättelse, afgiven $^{31}/_{3}$ 1840, S. 50.

6) Mém. de l'Acad. des Sc. 1781, S. 458 (trykt 1784); Œuvres de Lav. 2, 342.

Disse Tanker udviklede LAVOISIER videre i en Afhandling: „Considérations sur la dissolution des métaux dans les acides“ [1]), hvor han støtter dem ved kvantitative Forsøg og viser, at ved Opløsning af Metaller i konc. Svovlsyre eller i Salpetersyre iltes de paa Syrens Bekostning, hvorfor han efter Forsøget finder mindre Syre i Vædsken end før; ved Opløsning i fortyndet Svovlsyre foregaaer Iltningen paa Vandets Bekostning, idet han før og efter Processen finder samme Mængde Syre i Vædsken. Ved Saltsyre sker Metallets Iltning altid paa Vandets Bekostning. At den udviklede Brint hidrører fra Vandet, fremgaaer ogsaa af, at naar der ikke finder nogen Vanddekomposition Sted, sker der heller ingen Brintudvikling. Metalilterne opløses i Syrer til Salte uden Udvikling af Brint. Den udviklede Brintmængde er endogsaa et meget nøjagtigt Middel til at bestemme den Mængde Ilt, der har forenet sig med Metallet. Der er dog et bestemt Iltningstrin, som er bekvemmest for Metallernes Opløsning i Syrer. LAVOISIER forklarer dette saaledes, at Metalilterne nødvendig maa nærme sig mere og mere til Syrernes Egenskaber, jo mere Ilt de indeholde. De blive herved mere og mere indifferente overfor Syrer „et finissent par acquérir une affinité marquée pour les alcalis“ [2]) At Vand, især ved højere Temperatur kan ilte Metaller, beviste LAVOISIER og MEUSNIER [3]) ved Forsøg, hvorved de glødede Jerndrejespaaner i Vanddamp i et Rør af Kobber, der lige saa lidt som de ædle Metaller angribes af glødende Vanddampe, vejede Jernet før og efter Forsøget og maalte den udviklede Brint. Herved fandt de, at Vandet indeholdt 13,1 % Brint og 86,9 % Ilt (rigtig 11,13 og 88,87).

Af Vandets Sammensætning følger endvidere, hvad LAVOISIER samtidig gjør opmærksom paa, at naar PRIESTLEY (se ovenfor S. 48) har dannet Metaller af deres Kalke ved Ophedning i Brint og ment, at dette var en Synthese, har han ikke bemærket, at det dannede Metal vejede mindre og ikke mere end Metalkalken; han har her uden sit Vidende dannet Vand.

Ved Opdagelsen af Vandets Sammensætning og de Konseqventser, som fulgte deraf, var alt, hvad KIRWAN havde anført til Støtte for, at Flogiston existerede og kunde isoleres som ethvert andet Stof, nemlig i Form af Brint, i Virkeligheden blevet uholdbart: Alle Fænomenerne lode sig forklare uden Antagelse af Flogiston. Og ikke blot det, men Hovedpunktet i hans Theori var ogsaa blevet rystet ved, at det havde vist sig, at Brint forenede sig med Ilt, ikke til Kulsyre, men til Vand. Vel havde han ment, at disse Stoffer maaske ved lavere Temperatur eller under andre Forhold kunde forene sig til Kulsyre, men dette var dog foreløbig en ren Hypothese, og ogsaa for den blev Grundlaget nu borttaget, da LAVOISIER viste, at Kulsyre var en Forbindelse af Kulstof og Ilt. Allerede i LAVOISIER's og DE LAPLACE's store Arbejde „Sur la chaleur“ [4]) angive de efter en foreløbig Synthese Kulsyrens Sammensætning til omtr. 9 Dele Ilt og 1 Del „d'un principe fourni par le

---

[1]) Mém. de l'Ac. des Sc. 1782, S. 492 (trykt 1785); Œuvres 2, 509.
[2]) Sml. Ibid. 1782, 541; Œuvr. 2, 565.
[3]) Mém. de l'Ac. des Sc. 1781, S. 458 (trykt 1784); Œuvres 2, 354.
[4]) Mém. de l'Ac. des Sc. 1780, S. 355 (trykt 1784); Œuvres 2, 323.

charbon et qui est la base de l'air fixe, mais une détermination aussi délicate exige un plus grand nombre d'expériences". I Virkeligheden fandt Lavoisier[1]) ved at beregne Resultaterne af et ældre Forsøg (Reduktion af Mønie med Kul) Kulsyren sammensat af 72,1 Ilt og 27,9 Kul, og af en større Række Forsøg, udførte dels med de Laplace, dels med Meusnier, og som Lavoisier offentliggjorde i en Afhandling „Sur la formation de l'acide nommé air fixe ou acide crayeux et que je désignerai désormais sous le nom d'acide de charbon" [2]), og hvori Kulsyrens Sammensætning bestemtes paa meget forskjellig Maade og med noget vexlende Resultater, slutter Lavoisier, at Kulsyre indeholder 72 Ilt og 28 Kul (rigtig: 72,72 og 27,28).

Men det var ikke blot hos Cavendish og Lavoisier, at Kirwan's Theori mødte Modstand. Den blev ogsaa direkte imødegaaet af Flogistikere, især af Gren[3]), der ved en Række meget omhyggelige Forsøg viste, at Kulsyre hverken dannes ved Forbrænding af Svovl, Fosfor eller Brint eller af Kvælstofoxyd og almindelig Luft eller ved Forkalkning af Metaller eller ved Amalgamering af Bly. Specielt imødegaaer han Kirwan's 4 Beviser for, at der ved alle flogistiske Processer dannes Kulsyre (se ovenfor S. 49—50), og slutter af sine Forsøg, 1) at der ikke dannes Kulsyre ved flogistiske Processer undtagen af Legemer, som iforvejen indeholde den, 2) at Kulsyre ikke bestaaer af Flogiston og Ilt[4]), 3) at den kun er en tilfældig Bestanddel af atmosfærisk Luft og ikke udgjør nogen af dens Hovedbestanddele. Gren finder det ikke nødvendigt at udtale sig om Lavoisier's System, „da es von dem Kirwan'schen nicht sehr abweicht". Lavoisier antager vel ikke noget Flogiston, men istedenfor et vist Grundstof i Kul, som forener sig med Ilt til Kulsyre. Men man seer jo let, at dette kun er en Strid om Ord. Thi hvad er dette Grundstof i Kul andet end det, vi kalder Flogiston?

Kirwan var ikke blevet rokket i Troen paa sin Theori ved Cavendish's og Lavoisier's Paavisning af, at Brint og Ilt ved deres Forbrænding gav Vand. Han antog vel ikke, som Størstedelen af de ledende Kemikere, at dette ikke dannedes, men blot udskilte sig i dette Forsøg, men mente, at under andre Forhold maatte de to Luftarter kunne danne Kulsyre. Heller ikke Cavendish's andre Indvendinger havde han fundet sig overbevist af, og det var da ikke rimeligt, at han skulde lade sig overbevise af Gren's, der jo hovedsagelig gik ud paa det samme. Hvad Lavoisier's Synthese af Kulsyre angaaer, kunde den ikke gjøre stærkt Indtryk paa Kirwan, da han som næsten alle Flogistikere mente, at Kul var en Forbindelse af Flogiston og Kulsyre. Det var altsaa rimeligt nok, at Kul ved sin Forbrænding i Ilt dels afgav den Kulsyre, som det oprindelig indeholdt, dels gav en Forbindelse af Flogiston med Ilt, som jo efter Kirwan netop var Kulsyre. Hele Kullets Masse — med Undtagelse af Askebestanddelen — maatte da ved Forbrænding gaa over til Kulsyre.

---

[1]) Ibid. 1781, 468 (trykt 1784): Œuvr. 2, 468.

[2]) Ib. 1781, S. 448; Œuvr. 2, 403.

[3]) Crell's Beytr. 2, 435.

[4]) Ibid. 3, 229.

Paa de franske Kemikere, som tidligere havde været LAVOISIER's Modstandere, gjorde derimod Vandets Synthese og de Slutninger, han og DE LAPLACE droge af den, et saa stærkt Indtryk, at de berømteste af dem, BERTHOLLET, GUYTON DE MORVEAU og FOURCROY, nu afgjort stillede sig paa hans Side. Allerede 6. April 1785 erklærede BERTHOLLET i Akademiet: „Le phlogistique me paraît enfin être une hypothèse inutile". I 1787 skriver DE MORVEAU i et „Avertissement" i Encyclopédie méth., Chimie [1]), hvor han tidligere har brugt det gamle System, men nu vil gaa over til det nye: „Tous ceux qui examineront les faits avec impartialité, qui en soumettront les conséquences aux règles d'une logique exacte, ne tarderont pas à reconnoître que cette doctrine (Flogistontheorien) n'est qu'une hypothèse que l'on ne peut plus soutenir". I Slutningen af 1786 antog ogsaa FOURCROY, efter hvad han selv meddeler [2]), den nye Lære.

Og da KIRWAN 1787 samlede Alt, hvad der kunde siges til Forsvar for hans Theori, og Alt, hvad han mente talte imod Antiflogistikerne, som han nu for første Gang benævnede LAVOISIER og hans Meningsfæller, i „An Essay on the Phlogiston and the constitution of Acid" (London, 8⁰), udkom Bogen Aaret efter, oversat paa Fransk af Madame LAVOISIER og ledsaget af udførlige Noter af DE MORVEAU, LAVOISIER, DE LAPLACE, MONGE, BERTHOLLET og DE FOURCROY, hvori de paa alle væsentlige Punkter gjendrev KIRWAN's Udtalelser [3]).

Jeg skal gjengive nogle Prøver af denne interessante Debat.

KIRWAN indrømmer vel, at Vand kan dannes af Ilt og Brint, men nægter, at det nogensinde er dekomponeret. LAVOISIER kunde ikke sige, at den Brint, der udvikles, naar Metaller opløse sig i fortyndede Syrer, hidrører fra Vandet, thi Zink og Jern ere i og for sig brændbare, selv naar der ikke er Vand tilstede, medens Vand under ingen Omstændigheder kan antændes. LAVOISIER bemærker hertil, at man med Vægtskaalen i Haanden har godtgjort, at Vand indeholder Brint, derimod var der aldeles intet, som beviste, at Metaller indeholde Brint. Men KIRWAN paastaaer tillige, at om end Brint og Ilt danne Vand ved Glødhede, saa er Forholdet et andet ved lavere Temperatur. Her dannes Kulsyre, ganske som Kvægsølv og Svovl ved lavere Temperatur danne Æthiops (det sorte Pulver, som faaes ved Sammenrivning af Kvægsølv og Svovl i Kulden) og ved højere Cinnober. Paa dette Punkt nægter LAVOISIER bestemt, at der nogensinde er dannet Kulsyre ved Forbindelse af Ilt og Brint, naar denne har været fuldkommen ren. Overalt, hvor KIRWAN har faaet Kulsyre dannet, har der været Kulstof tilstede, og naar dette ikke har været Tilfældet, har man heller ingen Kulsyre faaet dannet.

KIRWAN mener, at Svovlsyre indeholder et Radikal, som, mættet med Brint danner Svovl, mættet med Kulsyre, Svovlsyre, og mættet dels med Brint, dels med

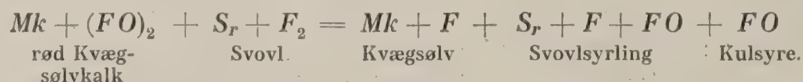
---

[1]) S. 626.

[2]) Encycl. mèth., Chymie, **3**, 562.

[3]) Bogen udkom 1789 i en ny Udgave paa engelsk med de franske Kemikeres Noter, hvortil KIRWAN havde føjet nogle Modbemærkninger, men man maa give ADET, som oversatte disse paa fransk (Ann. Chim. **7**, 194), Ret i, at KIRWAN „ne fait que présenter ses anciennes objections sous une forme nouvelle."

Kulsyre danner Svovlsyrling. For at bevise dette havde han opvarmet rødt Kvægsølvpræcipitat med Svovl, og da han herved fik baade Svovlsyrling og Kulsyre, slutter han, at Svovlet har afgivet en Del af sit Flogiston til Kvægsølvkalken, som derved har udviklet en Del af sin Kulsyre[1]), medens Svovlets Radikal i Forbindelse med en Del af dets Flogiston har optaget en anden Del af Kvægsølvkalkens Kulsyre og dannet Svovlsyrling. Altsaa:



$$Mk + (FO)_2 + S_r + F_2 = Mk + F + S_r + F + FO + FO$$

Lavoisier paaviser nu først, at naar Kirwan antager, at Svovl bestaaer af et Radikal og Brint, Svovlsyre af samme Radikal og Kulsyre, og Kulsyre af Brint og Ilt, ere de med Hensyn til Svovlsyrens Sammensætning fuldstændig enige, thi Kirwan mener da ogsaa, at Svovlsyre bestaaer af Svovl og Ilt. Men for at støtte sin Theori, maa Kirwan desuden antage, at Svovl indeholder Brint, hvad intet beviser, og at der af Brint og Ilt dannes Kulsyre, hvad ligefrem er modbevist ved, at denne bestaaer af Kulstof og Ilt. Desuden er Kirwan's Lære i Modsigelse med Stahl's. Hvorfor antog Stahl Flogiston? For at forklare, hvorfor der ved Forbrændinger udvikles Varme og Lys. Disse Fænomener bero efter ham paa, at Flogiston udskilles. Men efter Kirwan's Theori forbliver jo Flogiston netop i Forbindelser i Form af Kulsyre. Forbrændingsfænomenet bliver derved slet ikke forklaret. Hvad Kirwan's Forsøg angaaer, hidrører den lille Mængde Kulsyre fra Kvægsølviltet, som ganske simpelt ved at ligge hen i Luften tiltrækker Kulsyre.

Cavendish[2]) havde vist, at man faaer dannet Salpetersyre ved at lade elektriske Gnister slaa igjennem en Blanding af 3 Rf. Kvælstof (phlogisticated air) og 7 Rf. Ilt (rigtig 3 : 7½). Kirwan antog som Salpetersyrens Radikal Priestley's phlogisticated nitrous air[3]) (ɔ: N_2O) og som Syreprincip deri Kulsyre, men han mente tillige, at førstnævnte, mættet med Flogiston, var Kvælstofoxyd, og at dette Flogiston ligesom Flogistonet i Kulsyren hidrørte fra den flogisticerede Luft. Det følger allerede heraf, at de Forsøg, han gjør paa at udrede de relative Mængder, hvori disse forskjellige Stoffer forefindes i Salpetersyre, ere ganske mislykkede, hvorfor der ikke skal gaaes nærmere ind paa dem her. Men han mener at kunne godtgjøre, 1) at Kvælstofoxyd indeholder Flogiston, og 2) at Salpetersyre indeholder Kulsyre. Begge Dele imødegaaer Berthollet, det første lidt ondskabsfuldt, ved at paavise, at naar Kirwan antog Flogiston i Kvælstofoxyd, var det, fordi Salpetersyren deflogisticerede Svovl og ved at optage dettes Flogiston selv blev til Kvælstofoxyd, men naar man spurgte ham, hvorfor Svovl indeholdt Flogiston, var Svaret, fordi det flogisticerer Salpetersyre og danner Kvælstofoxyd. At Salpetersyre indeholder Kul-

---

[1]) Rød Kvægsølvkalk er baade efter Scheele, Cavendish og Kirwan en ubekjendt Kvægsølvkalk (Mk) + Flogistonilte, men dette sidste er efter Scheele Varme, efter Cavendish Vand, efter Kirwan Kulsyre.

[2]) Phil. Trans. 1785, S. 372; 1788, S. 261.

[3]) Exp. a. Observ. on diff. kinds of Air, **1**, 215.

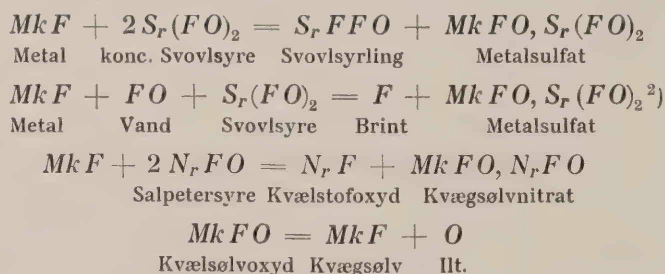
syre, beviser KIRWAN ved, at man ved Glødning af Salpeter først faaer Kulsyre og derpaa Ilt, blandet med noget Kvælstof. BERTHOLLET svarer hertil, at den ringe Mængde Kulsyre hidrørte fra tilfældige Urenheder i Salpeteret. Hvis man, naar Kulsyreudviklingen ophørte, omkrystalliserede Salpeteret, fik man ved Glødning af dette ikke Spor af Kulsyre. Men KIRWAN's Hovedbevis for, at Salpetersyren indeholdt Kulsyre, var, at BERTHOLLET selv ved Glødning af Zink og Jern med Salpeter havde faaet en rigelig Mængde Kulsyre (se ovenfor S. 42). BERTHOLLET gjør nu opmærksom paa, at man dengang ikke vidste, at de fleste Metaller indeholdt Kul, herfra hidrørte Kulsyren, og ingenlunde fra Salpeteret.

Medens Antiflogistikerne antoge, at Saltsyre bestod af et ubekjendt Radikal, forbundet med Ilt ved en saa stærk Affinitet, at man ikke paa nogen Maade kunde adskille dem, og at den dannede iltet Saltsyre (Chlor), ved at Brunsten uden videre afgav en Del af sin Ilt til Saltsyren (saa at RO blev til RO_2), mente KIRWAN, at Saltsyren var en Forbindelse af et ubekjendt Radikal, Flogiston og Kulsyre, altsaa $FRFO$, og at den iltede Saltsyre var $R(FO)_2$. BERTHOLLET fremhæver da Lysets Virkning paa en Opløsning af iltet Saltsyre i Vand, hvorved dannedes almindelig Saltsyre og udvikledes Ilt, saa at Antagelsen af Flogiston var ganske unødvendig til at forklare Processen. Men ved KIRWAN's Opfattelse af Kulsyre som Syreprincip var det nødvendigt at antage Brint i Saltsyre, og da Brinten forblev i Saltsyren ogsaa, efter at der var dannet iltet Saltsyre, maatte han tillige gjøre Rede for, at Brunstenen afiltedes (flogisticeredes). Han antog da, at Brunstenen indeholdt sin Ilt i Form af Kulsyre, og saa et Bevis derfor deri, at Brunsten ved Glødning først giver Kulsyre og derpaa Ilt. Naar Brunstenen iltede Saltsyre, var det altsaa Kulsyren (FO) deri, som leverede Ilten, medens dens Flogiston flogisticerede Brunstenen. Denne Opfattelse, finder han, støttes ved, at PRIESTLEY[1]) ved Ophedning af Brunsten med Jernfilspaan fik udviklet næsten ren Kulsyre, og ligeledes ved at gløde Brunsten i en Strøm af Vanddamp i et Lerrør[2]). Selv har KIRWAN ganske vist ved at gjentage det sidste Forsøg med Brunsten, der iforvejen var befriet for Karbonater, kun faaet Ilt, men han søger at bortforklare det. BERTHOLLET paaviser derimod, at hele denne Forklaring af Oprindelsen af Brunstenens Ilt fra Kulsyre er ganske uholdbar, da Brunsten, der først var befriet for Kalciumkarbonat, erfaringsmæssig gav langt mere iltet Saltsyre end før. I PRIESTLEY's første Forsøg hidrørte Kulsyren aabenbart fra Jernets Grafit, i sidste fra Kalciumkarbonat eller Mangankarbonat. Naar KIRWAN vil have faaet Kulsyre af iltet Saltsyre og Brint, strider det mod BERTHOLLET's egne Forsøg. LAVOISIER havde betegnet Saltsyrens Radikal som det, der havde stærkere Affinitet til Ilt end alle Metaller og syredannende Stoffer. KIRWAN spørger, hvorfor Saltsyre da ikke iltes ved Destillation med Jernoxyd eller Svovlsyre. BERTHOLLET bemærker hertil, at KIRWAN forvexler den stærkt bundne Ilt i Saltsyren med den løst bundne, som den optager ved at gaa over til iltet Saltsyre.

---

[1]) Exp. a. Obs. to Nat. Phil. **1**, 239.
[2]) Ibid. **3**, 354.

KIRWAN's Forestillinger om Metallernes Forkalkning ere ligesaa indviklede som hans Syretheori. Han antager 3 forskjellige Slags Kalke, nogle, hvori Metallerne ligefrem have afgivet deres Flogiston (Brint), det er dem, som i det foregaaende (f. Ex. S. 53) ere betegnede med *Mk*, andre, hvori de have afgivet Flogiston og optaget Kulsyre i Stedet, og endelig saadanne, hvori Metallet har afgivet Flogiston og optaget Vand istedet. De to sidste Slags ere begge $MkFO$. KIRWAN kan aldeles ikke gaa ind paa DE LAPLACE's Mening, at naar Metaller opløses i fortyndede Syrer, hidrører Brinten fra, at Vandet sønderdeles. Han antager, at det er Metallet, som har afgivet Brinten og optaget Vand istedet. Heller ikke kan KIRWAN indrømme Rigtigheden af DE LAPLACE's Bemærkning (se ovenfor S. 58), at hvis Kvælstofoxyd indeholdt Brint, maatte den vise sig, naar man forenede det med Ilt og derved gjendannede Salpetersyre. Efter KIRWAN viser Brinten sig virkelig ved at forene sig med Ilten og danne Kulsyre, som indgaaer i Salpetersyrens Sammensætning. Man maa indrømme, at heller ikke de Bemærkninger, DE LAPLACE[1]) knytter til KIRWAN's Replik, rammer dennes Theori, fordi DE LAPLACE udelukkende ræsonnerer ud fra sit eget Standpunkt, men slet ikke tager Hensyn til KIRWAN's Theori. Efter denne kan Forholdene ved et Metal som Zinks Opløsning i koncentreret og fortyndet Svovlsyre og Kvægsølvs Opløsning i Salpetersyre og Reduktion af den røde Kvægsølvkalk fremstilles saaledes, naar S_r er Svovlsyrens, N_r Salpetersyrens, *Mk* de virkelig bekjendte Metalkalkes Radikal og FO efter Omstændighederne Vand eller Kulsyre, der jo efter KIRWAN begge bestode af Brint og Ilt:



$$\underset{\text{Metal}}{MkF} + \underset{\text{konc. Svovlsyre}}{2S_r(FO)_2} = \underset{\text{Svovlsyrling}}{S_rFFO} + \underset{\text{Metalsulfat}}{MkFO, S_r(FO)_2}$$

$$\underset{\text{Metal}}{MkF} + \underset{\text{Vand}}{FO} + \underset{\text{Svovlsyre}}{S_r(FO)_2} = \underset{\text{Brint}}{F} + \underset{\text{Metalsulfat}}{MkFO, S_r(FO)_2}\ ^{2)}$$

$$MkF + \underset{\text{Salpetersyre}}{2N_rFO} = \underset{\text{Kvælstofoxyd}}{N_rF} + \underset{\text{Kvægsølvnitrat}}{MkFO, N_rFO}$$

$$\underset{\text{Kvælsølvoxyd}}{MkFO} = \underset{\text{Kvægsølv}}{MkF} + \underset{\text{Ilt.}}{O}$$

Naar LAVOISIER havde faaet Magnetjern og Brint ved at gløde Jern i Vanddamp, beviste det efter KIRWAN kun, at Jernet havde afgivet sit Flogiston og optaget Vand istedet. FOURCROY bemærkede hertil, at i LAVOISIER's Forsøg var Jernets Vægtforøgelse + Brintens Vægt = Vægten af det forsvundne Vand. Dengang kjendte man jo ikke de kemiske Forbindelsers ækvivalente Vægtforhold. FOURCROY kunde derfor ikke ane, at ogsaa KIRWAN's Opfattelse krævede de samme Vægtforhold. Som Bevis for sin Theoris Rigtighed fremhævede KIRWAN, at PRIESTLEY[3]) ved Ophedning af den ved Glødning af Jern i Vanddamp dannede Jernkalk med Kul, som iforvejen

[1]) Essai sur la Phlogistique. Paris, 1788, 8°, S. 198 f.

[2]) Derimod kunde der med Rette indvendes mod KIRWAN, at Sulfaterne maatte være forskjellige, da Metalkalken i den første Ligning indeholdt Kulsyre, i den sidste Vand; men denne Indvending gjorde DE LAPLACE ikke.

[3]) Exp. a. Obs. Nat. Phil. **3**, 109.

ved Glødning var befriet for al brændbar Luft, havde faaet Jernet gjendannet, men tillige faaet udviklet Kulsyre og Brint. Denne sidstes Optræden kunde Antiflogistikerne ikke forklare, da de jo mente, at Jernkalken ikke indeholdt Vand, men kun Ilt. Men naar Kul bestod af Brint og Kulsyre og Jernkalken indeholdt Vand, saaledes som Kirwan mente, forklaredes Resultatet let. Denne Indvending besvarer Fourcroy ikke. Kuliltens Dannelse under disse Omstændigheder var ikke bekjendt, og den blev i Almindelighed forvexlet med Brint. Til Forsvar for sin Opfattelse anfører Kirwan ogsaa et andet Forsøg af Priestley[1]). Han har ophedet Jern i Ilt ved Hjælp af et Brændeglas, hvorved Ilten forsvandt og Jernet omdannedes til Magnetjern, og derpaa ophedet dette i Brint, hvorved dannedes Vand og Magnetjernet reduceredes til Jern. I første Tilfælde optog altsaa Jernets Flogiston Ilt og dannede Vand, som forenede sig med Jernet til Magnetjern, i sidste uddrev Brinten igjen Vandet og forenede sig med Jernkalken til Jern. Da nu samme Magnetjern ogsaa blev dannet ved Glødning af Jern i Vanddamp, maatte Antiflogistikerne sige, at ved samme Temperatur i første Tilfælde Jernet havde større Affinitet til Ilt end Brinten, medens i sidste Brint havde større Affinitet til Ilt end Jernet. Fourcroy's Forsøg paa at klare denne reciproke Proces er ikke heldigt[2]); han søger at bortforklare, at der foreligger en reciprok Proces, medens det dog havde ligget nær at sige, at Processen frembød den samme Vanskelighed for Kirwan's Theori, idet i første Tilfælde Vandets Affinitet til Jernkalken var større end Brintens, i sidste Brintens større end Vandets.

Imidlertid følte Kirwan selv, at der maatte positive Beviser til for at hævde, at Metallerne indeholdt Brint. Han destillerede derfor $1/2$ k. Kvægsølv, som iforvejen havde været opvarmet flere Timer til 100°, med c. 20 g. Zink og fik herved omtr. 300 cm^3 Brint og 80 cm^3 Kulsyre. Men Fourcroy bemærker hertil, at den fundne Brint sandsynligvis hidrørte fra en ringe Mængde Vand; det var meget vanskeligt at befri Kvægsølv fra de sidste Spor af Vand, og her drejede det sig kun om 2 til 3 cg. Den fundne Kulsyre hidrørte aabenbart fra, at Zinken indeholdt lidt Kul.

Efter Kirwan indeholde de Metalkalke, som ere dannede ved lavere Temperatur (som Mønie, Massicot, Rust, rødt Præcipitat) Kulsyre og kun lidt Vand, de som ere dannede ved højere Temperatur (som Sølverglød, Zinkhvidt, Magnetjern) Vand og kun lidt Kulsyre. Men de Beviser, han anfører derfor, falde fuldstændig til Jorden for Fourcroy's Paavisning af, at næsten alle Metaller indeholde Kul, og at mange Metalkalke tiltrække Kulsyre af Luften og desto mere, jo længere de have været udsatte for Luftens Indvirkning. Det afgjørende Bevis mod Kirwan's Theori ser Fourcroy deri, at det aldrig er lykkedes at fremstille Kulsyre af Brint og Ilt, naar Luftarterne have været rene, (hvorved han erindrer om, at navnlig Brint næsten altid indeholder Kul opløst), og at det aldrig er lykkedes at omdanne Kulsyre til Vand eller Vand til Kulsyre.

---

[1]) Essai sur le phlogistique, 206.

[2]) Sml. ogsaa Berthollet: Statique chimique, Paris, 8⁰, 2, 114, Note XIX.

KIRWAN's Essay ender med et sammenfattende Slutningskapitel, som besvares af GUYTON DE MORVEAU. KIRWAN indrømmer, at der findes Brint i Vand, i det flygtige Alkali[1]), i Vinaand og andre organiske Stoffer, at Svovl, Fosfor og Kvælstofoxyd ikke, som de ældre Flogistikere mente, indeholdt de tilsvarende Syrer, men at Ilt var en Bestanddel af Syrer og Metalkalke. Derimod mener han, og det er de eneste Punkter, hvori han er uenig med Antiflogistikerne, at Brint findes i Svovl, Fosfor og Kvælstofoxyd, i Kul og Metaller, og at den under visse Omstændigheder forener sig med Ilt til Kulsyre, hvilken sidste er det syredannende Princip og ogsaa findes i visse Metalkalke. Til Forsvar for, at Brint indeholdes i de nævnte Stoffer, anfører han 4 Argumenter:

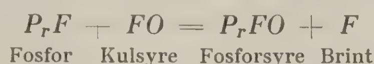
1) Virkninger af samme Slags maa hidrøre fra samme Aarsag. Forbrænding af Svovl, Fosfor, Zink osv. er samme Slags som Forbrænding af Brint, altsaa maa de have samme Aarsag d. v. s. de førstnævnte Stoffer maa indeholde Brint. GUYTON bemærker hertil, at det, der konstituerer Analogien, ikke er de forskjellige Stoffer, men Ilten, som de forbinde sig med. Den rigtige Slutning af de givne Præmisser er altsaa ikke, at de forskjellige brændbare Stoffer indeholde Brint, men at Ilt forener sig med forskjellige Stoffer under Ildfænomener.

2) Salpeter detonerer med Ammoniaksalte og med andre Stoffer, som indeholde Brint, ogsaa med Brint selv, derimod ikke med Stenarter, Metalkalke osv. Der er da Grund til at tro, at alle Stoffer, som detonere med Salpeter, som Svovl, Fosfor, Kul og de fleste uædle Metaller, indeholde Brint. GUYTON DE MORVEAU svarer hertil, at ogsaa dette Bevis støtter sig paa en formodet Analogi. Det er indlysende, at Detonationen beroer paa, at et Stof, som har større Affinitet til Ilt end Kvælstof eller Kvælstofoxyd, ved en vis højere Temperatur forener sig med Salpetersyrens Ilt. Heraf følger, at det ikke er et enkelt bestemt Stof, men overhovedet alle, som have den nævnte større Affinitet til Ilt, der frembringe Detonation med Salpeter. Men hertil kommer en anden Vanskelighed, som KIRWAN ikke synes at have bemærket. Spørger man ham, hvorfor Metalkalkene, som efter ham jo indeholde Flogiston, ikke detonere med Salpeter, vil han naturligvis svare, fordi deres Flogiston allerede er mættet med Ilt. Men spørger man nu, hvordan han tænker sig, at saadanne Metalkalke, som efter ham indeholde Kulsyre, reduceres af Brint, vil han ikke kunne svare, at det sker ved Brintens Affinitet til Ilt, thi Kalkens Ilt er jo allerede mættet med Flogiston; han maa svare: paa Grund af Brintens Affinitet til den radikale Metalkalk (*Mk*), men i saa Fald maatte alle saadanne Metalkalke ved Reduktion med Brint udvikle Kulsyre, men det sker aldrig. Eller ogsaa maa Kulsyren under Reduktionen omdannes til Vand, men Muligheden for en saadan Omdannelse er aldrig godtgjort og i højeste Grad usandsynlig.

3) Kvælstofoxyd dannes, naar man kaster Ammoniaksalpeter i en glødende Digel, og ligeledes ved Digestion af Vinaand med Salpetersyre. Ammoniak og Vinaand indeholde Brint. Da nu Svovl, Fosfor, Metaller osv. ogsaa give Kvælstofoxyd

[1]) Ammoniakens Sammensætning var fastslaaet af BERTHOLLET (Mém. de l'Acad. des Sc. 1785, S. 324).

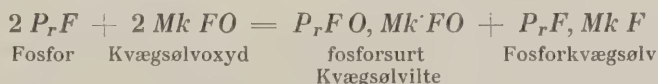
med Salpetersyre, kan man slutte, at ogsaa de indeholde Brint. GUYTON indrømmer, at Slutningen vilde være rigtig nok, naar det først var bevist, at kun brintholdige Stoffer give Kvælstofoxyd med Salpetersyre. Men hidtil er dette mere end usandsynligt. Desuden, da Salpetersyren bestaaer af Kvælstofoxyd og Ilt, er det naturligt nok, at alle Stoffer, som have stærkere Affinitet til Ilt end Kvælstofoxydet, sønderdele Salpetersyren paa denne Maade, hvad enten de indeholde Brint eller ikke. Endelig dannes f. Ex. Fosforsyre ved at forbrænde Fosfor i Ilt, efter KIRWAN, idet denne forener sig med Fosforets Flogiston (Brint), men ogsaa ved at digerere Fosfor med Salpetersyre, hvor KIRWAN mener, at det er Salpetersyrens Syreprincip, Kulsyre, der forener sig med Fosforets Radikal, medens Fosforets Flogiston i Forbindelse med Salpetersyrens Radikal danner Kvælstofoxyd. Men man maatte da vente, at ogsaa fri Kulsyre kunde udøve denne Virkning, idet



$$P_rF + FO = P_rFO + F$$

Fosfor Kulsyre Fosforsyre Brint

idetmindste ved en Dobbeltdekomposition, og at desuden alle syredannende Stoffer maatte indeholde netop den Mængde Brint, som behøves for at danne Kvælstofoxyd, hvilket aabenbart forekommer GUYTON aldeles urimeligt. Dengang kjendte man jo ikke de æqvivalente Forhold. GUYTON gjør sig derved skyldig i samme Fejltagelse som FOURCROY (ovenfor S. 64). Men ogsaa hans anden Indvending, at Fosforsyren ikke kunde dannes af Fosfor og Kulsyre (i KIRWAN's Forstand *FO*) ved Dobbeltdekomposition, blev modbevist nogle Aar senere, idet PELLETIER[1]) fandt, at Fosfor ved Digestion med rødt Kvægsølvpræcipitat danner Fosforsyre (og Fosforkvægsølv), idet efter KIRWAN



$$2\,P_rF + 2\,Mk\,FO = P_rF\,O, Mk^{\cdot}FO + P_rF, Mk\,F$$

Fosfor Kvægsølvoxyd fosforsurt Kvægsølvilte Fosforkvægsølv

4) At den Brint, som udvikles ved Glødning af Jern i Vanddamp eller ved dets Opløsning i fortyndede Syrer, hidrører fra Metallet og ikke fra, at Vandet sønderdeles, er mindre et Faktum, som KIRWAN mener at kunne bevise, end noget, han mener fremgaaer af de foregaaende Argumenter. GUYTON anfører til Forsvar for den modsatte Mening ligesom FOURCROY (s. ovenfor S. 64) Vægtforholdene, som jo i Virkeligheden intet beviste, fremdeles, at KIRWAN maa antage to forskjellige Slags Kalke, uden at der er nogen Grund dertil, og endelig, at man med Vished ved, at Brint er en Bestanddel af Vand, medens der aldeles ikke foreligger noget Bevis for, at Metallerne indeholde Brint.

Skjøndt der saaledes kan gjøres enkelte Anker mod de franske Kemikeres Kritik, følte KIRWAN sig dog overbevist ved den og især, som det fremgaaer af et Brev til CRELL[2]), af en ualmindelig grundig og oplysende Afhandling af BERTHOLLET[3]),

---

[1]) Ann. Chim. **13**, 121.

[2]) CRELL's Ann. 1791, **1**, 425.

[3]) Ann. Chim. **3**, 63–114.

hvori han imødegaaer PRIESTLEYS og KEIR's nyeste Forsøg paa at vise, at det egentlige Produkt af Brintens og Iltens Forbrænding var Salpetersyre, medens Vandet ikke blev dannet, men udskilt under Processen, og af FOURCROY's nye Synthese af Vand [1]). Følgen var, at KIRWAN, som saa længe og saa ihærdigt havde forsvaret sin Theori, nu opgav Kampen. I et Brev fra Jan. 1791 skriver han til BERTHOLLET [2]): Jeg nedlægger Vaabnene og forlader Flogistontheorien. Jeg seer tydeligt, at der ikke er noget sikkert Forsøg, som beviser, at Kulsyre kan dannes af Brint, og i saa Tilfælde er det umuligt at opretholde Theorien om Flogiston i Metallerne, Svovl osv. ... „Je donnerai moi-même une refutation de mon essai sur le phlogistique".

Med KIRWAN's Opgivelse af Flogistontheorien havde LAVOISIER's Lære vundet en glimrende Sejr. Vel forsøgte især GREN [3]), WIEGLEB [4]), I. B. RICHTER [5]) og ZAUSCHNER [6]) at opretholde de gamle Anskuelser ved at betragte Lys og Varme eller Lys alene som Flogiston. Men disse Forsøg fik kun en kortvarig Betydning [7]), hvortil ogsaa og især bidrog, at LAVOISIER i 1789 udviklede sit System i Sammenhæng i sin berømte „Traité élémentaire de chimie présenté dans un ordre nouveau". Heri var den nye Nomenklatur anvendt, som DE MORVEAU, LAVOISIER, BERTHOLLET og DE FOURCROY havde udarbejdet 1787 [8]). Her stadfæstedes paa en glimrende Maade, hvad LAVOISIER havde udtalt i Akademiet d. 18. April s. A.: „La logique des sciences tient essentiellement à leur langue". Thi først i denne Nomenklatur fik de nye Anskuelser deres rette klare Form, og hvor fortræffelig den var, ses bedst deraf,

---

[1]) Ib. **7**, 260 (1790).

[2]) Encycl. méth. Chimie **3**, 560.

[3]) Syst. Handbuch der gesammten Chemie 1—2 (1—2), Halle, 1787—90, 8⁰ og Kritik af LAVOISIER's Syst. i Journ. der Physik **3**, 437—492 (1791).

[4]) CRELL's Ann. 1791, **2**, 387—469.

[5]) RICHTER var først en bestemt Modstander af LAVOISIER's System (R. Ueb. d. neueren Gegenstände der Chymie. Erstes Stück. Breszlau u. Hirschberg, 8⁰, 1791, S, 87 ff.); men da han fik sat sig nøjere ind i det, sluttede han sig ganske dertil (Ibid. Drittes Stück 1793), men mente, at det kunde og burde forenes med en Flogistontheori, hvori Flogiston var et uvejeligt Stof, som i Forbindelse med Varme danner Lys, og som findes i det brændbare Stof. Efter denne Theori, som han udvikler vidtløftigt paa 220 Sider (ibid.), sker Forbrændingen altid ved en Dobbeltdekomposition, idet hint Stof forener sig med Varme til Lys og den øvrige Del af det brændbare Stof med Oxygen (i LAVOISIER's Forstand, altsaa luftformig Ilt ÷ Varme). Naar der ikke udvikles Lys ved en Forbrænding, hidrører det fra, at hint Stof og Varme ikke ere tilstede i de rette Forhold. En ganske lignende Theori havde iøvrigt GADOLIN kort udviklet allerede 1788 (CRELL's Ann. 1788, **1**, 3), idet han mener, at Flogiston er Lysmaterie, og især ser et Bevis derfor i, at Lyset sønderdeler den deflogisticerede Saltsyre til Ilt og Saltsyre. Ilten bestaaer, ligesom LAVOISIER antog, af Oxygen og Varme, Brinten derimod af Hydrogen (i Lavoisiers Forstand) og Flogiston, Vand af Hydrogen og Oxygen, Metaller af SCHEELE's Metalkalk *Mk*, og Flogiston, de bekjendte Metalkalke af *Mk* + Oxygen. Naar Metaller opløste sig i fortyndede Syrer, forenes deres Flogiston med Vandets Hydrogen og danner Brintluft, deres radikale Metalkalk sig med Oxygen og danner de virkelige Metalkalke, som opløse sig i Syren. Ild er Varme + Flogiston.

[6]) CRELL's Beytr. **6**, 131—183.

[7]) I 2. Udgave af sin Syst. Handb. (1794) lægger GREN „das antiphlogistische System ganz zu Grunde des Lehrgebäüdes" (Vorrede xj).

[8]) Méthode de Nomenclature chimique, proposée par MM. de MORVEAU &c, Paris, 1787. 8⁰.

at det er den, vi endnu benytte, trods alle de Svingninger, Kemiens Theori har beskrevet siden LAVOISIER.

I „Traité élém.“ defineres Syrerne som „véritables principes salifiants“ [1]), og i enhver Syre skjelnes mellem „la base acidifiable“ (som Kvælstof, Kulstof, Svovl osv.), som DE MORVEAU har givet Navnet Radikal, og „le principe acidifiant“, Ilten. Syrerne forene sig med „les bases salifiables“, som senere kaldtes Baser. Hertil høre Metalilter, Jordarter og Alkalier. Det er muligt, at Jordarterne (Kalk, Magnesia, Baryt, Lerjord) „pourroient bien n'être autre chose que de métaux oxidés avec lesquels l'oxygène a plus d'affinité qu'il n'en a avec le charbon“ [2]). For Alkalierne (Kali og Natron) kunde man af deres Analogi med Ammoniak være fristet til at tro, at de vare kvælstofholdige [2]). Andetsteds tænker L. sig dog ogsaa Muligheden af, at de faste Alkalier vare en Slags Metalkalke: „l'alcali de la soude et les substances alcalines en général, seraient-elles des espèces de chaux métalliques?“ [3]). Der gives ogsaa adskillige Syrer, hvis Radikal ikke kjendes, saaledes af uorganiske Borsyre, Flussyre og Saltsyre. Man kan imidlertid ikke være i Tvivl om, at de ligesom alle Syrer, hvis Sammensætning kjendes fuldstændig, indeholde Ilt. Saltsyren, der jo senere kom til at spille en saa mærkelig Rolle i Syrebegrebets Udviklingshistorie, indtager dog en Særstilling, idet den, naar den opvarmes med Brunsten, bemægtiger sig en Del af dennes Ilt og danner en luftformig Syre, SCHEELE's Acidum muriaticum dephlogisticatum, som altsaa indeholder mere Ilt end den sædvanlige Saltsyre, der altsaa forholder sig til l'acide muriatique oxygéné som Svovlsyrling til Svovlsyre. Den iltede Saltsyre opløser Metaller uden Luftudvikling, fordi Syren selv leverer den til Kalcinationen fornødne Ilt, og det dannede Ilte forener sig med den dannede Saltsyre. Ogsaa de organiske Syrers Radikaler har man hidtil ikke kunnet isolere. Men medens de uorganiske Syrers Radikaler gjennemgaaende ere usammensatte, har de i Plante- og Dyreriget forekommende Syrer Radikaler, der ere sammensatte mindst af to Stoffer, Kulstof og Brint; ofte indeholde de tillige Kvælstof, undertiden ogsaa Fosfor, saa at man her har sammensatte Syreradikaler med 4 Bestanddele. I Planteriget finder man ogsaa Ilter, som ere dannede af de samme sammensatte Radikaler, men forbundne med mindre Ilt end Syrerne f. Ex. Sukker, Stivelse o. fl.

Af alt dette slutter LAVOISIER, at Syrerne ikke kunne betragtes som Salte, saaledes som de gamle Kemikere antoge. Syrerne ere sammensatte af 2 Stoffer, de danne „un premier ordre de combinaisons“ ligesom Baserne. Saltene, som bestaa af Syre og Base, danne „un second ordre de combinaisons“. Det dualistiske Princip findes allerede her udtalt med stor Bestemthed.

---

[1]) S. 163.

[2]) Ib. 180. Allerede BERGMAN (Opusc. 4, 213) havde skjønnet, at Baryt „calci metallicæ videatur valde affinis“, men LAVOISIER havde ved at ophede Baryt paa Kul for Iltblæserøret faaet Forbrændings- og Detonationsfænomener, saa at det næppe kunde være tvivlsomt, at denne Jordart var en Metalkalk (Œuvres 2, 474—475; Mém. de l'Ac. 1783, S. 569).

[3]) Œuvres 2, 490; Mém. de l'Ac. 1783, 509. Soda havde nemlig ved samme Behandlingsmaade givet ham lignende Fænomener som Baryt (se Anm. 2).

LAVOISIER's Syretheori vandt dog ingenlunde strax almindeligt Bifald. Af de Indvendinger, som fremkom imod den, var CRELL's[1]) prægede af en oprigtig Stræben efter Upartiskhed. Hans Betragtninger bleve snart efter udviklede i en udførligere og omhyggeligere motiveret Afhandling af J. F. GMELIN[2]). Denne blev imidlertid faa Aar efter imødegaaet paa en særdeles hensynsfuld Maade af J. GADOLIN[3]).

GMELIN indvender mod Ilten som Syreprincip, at den for det første aldeles ikke selv har sure Egenskaber, og dernæst, at den efter den nye Theori udgjør en Hovedbestanddel af Stoffer, som aldeles ikke have Karakter af Syrer. Vand f. Ex., som indeholder 85 Proc. Ilt, har ikke en eneste Egenskab, som minder om Syrerne. GADOLIN bemærker hertil, at det jo er en ganske almindelig Regel, at kemiske Forbindelser have ganske andre Egenskaber end deres Bestanddele. Saaledes have Alkaliernes Neutralsalte, der ere sammensatte af Syrer og Alkalier, hverken sure eller alkaliske Egenskaber. Saaledes findes Ammoniakens alkaliske Karakter hverken hos Kvælstof eller Brint. Forbindelsernes Egenskaber afhænge af den Maade, hvorpaa de ere sammensatte, men i Reglen ikke af nogen enkelt af deres Bestanddele. Naar Vand indeholder Ilt uden at have en Syres Egenskaber, er dette ligeledes et Forhold, som gjenfindes hyppigt. Svovl danner f. Ex. med Alkalier og Jordarter og med visse Metaller Forbindelser, som især med Syrer give en modbydelig Lugt. Kvægsølvets Forbindelse med Svovl, Cinnober, har aldeles ikke disse Egenskaber. Iøvrigt finder GADOLIN, at Vandet har flere af Syrernes vigtigste Egenskaber. Vel smager det ikke surt og forandrer ikke Plantefarver, men netop i disse to Henseender forholde ogsaa flere Syrer sig meget ejendommeligt. Men Vand forener sig med Alkalier under stærk Varmeudvikling og danner krystallinske Forbindelser med dem, og det virker overfor Sæber som en svag Syre, hvad der viser sig ved, at deres vandige Opløsninger ere mælkede, det forener sig med Vinaand under Varmeudvikling. Man kunde derfor vel betragte det som den svageste Syre.

GMELIN bemærker ogsaa, at Metalkalkene, der, naar netop Kalkene af Arsenik, Molybdæn og Wolfram undtages, snarere have Karakter af Alkalier end af Syrer og derfor med Urette kaldes Oxyder og derved betegnes som en Slags Syrer („Halbsäuren"). Men GADOLIN gjør opmærksom paa, at det netop er Flogistikerne, SCHEELE[4]) og BERGMAN[5]), som fordi Metalkalkene med Syrer i Alm. danne surt reagerende Salte, og fordi flere Metaller opløse sig i Alkalier, antoge, at alle Metaller vilde efterlade Syrer, hvis man var istand til at berøve dem alt deres Flogiston. Oxyder i LAVOISIER's System betegne kun, at Forbindelserne indeholde Ilt.

En vigtigere Indvending af GMELIN er, at man ved at forbinde en uomtvistelig Syre med Ilt kan faa et Stof, som næsten ikke mere har Karakter af Syre, saaledes som det er Tilfældet med den iltede Saltsyre. Men GADOLIN bemærker, at naar de

[1]) CRELL's Ann. 1795, **1**, 227.
[2]) Ibid. 1796, **1**, 291, 395, 511.
[3]) Ibid. 1803, **1**, 50, 211, 313. Afhandlingen er oprindelig trykt som latinsk Dissertation i Åbo 1801.
[4]) Se f. Ex. Werke **1**, 158.
[5]) Opusc. **3**, 6, 125.

sure Egenskaber ikke findes hos Ilten, men kun fremkomme, naar den i bestemte Forhold forbinder sig med andre Stoffer, saa forstaaes det let, at ligesom fuldkomne Neutralsalte nærme sig Syrer og Alkalier, naar de forene sig med henholdsvis Syrer og Alkalier, kunne ogsaa Syrer ved at forbinde sig med mere Ilt nærme sig de Egenskaber, Ilten har i fri Tilstand. Men naar det er vist, at en Række Stoffer kun ved at forene sig med Ilt danne Syre, saa maa man sige, at Syrerne skylde dette Stof deres Tilbliven, men paa den anden Side kan man ikke sige, at det samme gjælder de Syrer, hvori man ikke har kunnet paavise Ilt.

Det er interessant at se, at den betydeligste af de franske Kemikere, som ellers havde sluttet sig til LAVOISIER, tog Afstand fra ham med Hensyn til Ilten som principe acidifiant tildels netop af de samme Grunde som GMELIN. I samme Aar, som LAVOISIER's Traité élém. udkom, udtaler BERTHOLLET [1]), at vistnok er den Mening, at alle Syrer indeholde Ilt, og at dette er Grunden til deres sure Egenskaber, støttet paa en stærk Analogi, men 1) Ilten kan være til Stede i stor Mængde i et Stof, uden at dette er surt; Vand er et frappant Eksempel derpaa; 2) der er flere Syrer, hvori man ikke ved noget Middel har kunnet paavise Ilt, som Saltsyre, Flussyre, Borsyre; 3) det synes bevist, at Blaasyre ikke indeholder Ilt. Desuden, det, der karakteriserer Syrerne, er jo at danne Forbindelser med visse andre Stoffer, og denne Egenskab kan jo meget vel tænkes at findes hos forskjelligt sammensatte Stoffer. Kemien frembyder jo mange analoge Tilfælde. BERTHOLLET mener derfor, at man kan indskrænke sig til at opfatte Saltsyren som et Stof, hvis Elementer ere os ganske ubekjendte. Dens Evne til at danne en Række Forbindelser med Ilt, som ganske svarer til dem, vi finde hos Svovl, Fosfor og Kvælstof, bringer ham endogsaa til at mene, at der ikke er mere Sandsynlighed for, at det ene af disse Stoffer indeholder Ilt end, at de andre gjøre det. Bemærkningen om Blaasyre sigter til et Arbejde, BERTHOLLET havde udført over Blaasyre 1787. Heri var dog ikke bevist, men kun gjort sandsynligt ved theoretiske Betragtninger, at Blaasyre ikke indeholder Ilt [2]). BERTHOLLET er derfor i Tvivl om, hvorvidt man skal holde den for en Syre. Dens Affinitet til Kalk og Alkalier er meget svag, dens Sammensætning stiller den langt nærmere ved Ammoniak end ved Syrerne. Imidlertid har den alt for mange Egenskaber fælles med de virkelige Syrer, til at man kan stille den i en anden Klasse „d'autant plus que les classifications que nous faisons ont toujours quelque chose d'arbitraire“ [3]). Hans Undersøgelser over Svovlbrinten gav ham Anledning til lignende Betragtninger. Denne Forbindelse indeholder kun Svovl og Brint; ikke desto mindre har den alle en Syres Egenskaber. Den rødner Lakmus, forener sig med Alkalier, Baryt, Kalk og Magnesia til Forbindelser, som ere i Stand til Dobbeltdekompositioner, den dekomponere selv Salte osv: „Je ne rappellerai point ici les observations que j'ai opposées

[1]) Ann. Chim. 2, 68 (1789).

[2]) FOURCROY og VAUQUELIN fandt snart efter, at Blaasyre kunde dannes ved Destillation af forskjellige organiske Stoffer med Salpetersyre, og sluttede deraf, at den indeholdt Ilt. BERTHOLLET ansaa dog ikke dette Argument for tilstrækkeligt (B.: Statique chim., Paris 1803, 8°, 2, 266).

[3]) Mém. de l'Ac. des Sc. 1787, S. 148.

à l'opinion de ceux qui prétendent, que l'acidité est un attribut qui n'appartient qu'à l'oxygéne & qu'il s'éloigne cependant très peu, par ses propriétés acides, de l'acide carbonique qui sur 100 parties en contient à peu près 76 d'oxygène" [1]). J. B. TROMMSDORFF sluttede sig med Hensyn til Svovlbrinten ganske til BERTHOLLET og inddelte endog Syrerne i iltholdige, iltfrie (hertil hørte kun Svovlbrinte) og Syrer af ubekjendt Sammensætning (Saltsyre, Flussyre og Borsyre) [2]). Faa Aar senere ansaa BERTHOLLET det imidlertid for sandsynligst, at Ilten virkelig var „le principe acidifiant". Blaasyren har saa særegne Egenskaber, at den aldeles ikke kan sammenlignes med Syrerne. Overfor Alkalier har den kun en svag Affinitet, som er langt fra at fremkalde den Mætning og den Neutralisation af modsatte Egenskaber, der er karakteristisk for Syrerne [3]). Og hvad Svovlbrinten angaaer, synes dens sure Egenskaber at hidrøre fra Svovlet, „dans lequel la force de cohésion les rendait latentes" [4]). Svovlet har stærk Affinitet til Alkalier og kunde, som KIRWAN [5]) allerede bemærkede, sammenlignes med Syrerne, hvis det ikke forekom i fast Tilstand. Det er da naturligt, at man i Svovlbrinten finder, „des propriétés derivées d'un élément qui y porte ses dispositions [6]) et ses propriétés dominantes lui assignent une autre classe que celles des acides" [7]) (nemlig mellem Hydrurerne).

Men var man saaledes ved Slutningen af Aarhundredet nogenlunde enig om, at Ilten var Syreprincip, saae man sig dog ingenlunde i Stand til at opstille faste Karakterer, som vare gjældende for alle Syrer. Alle de Egenskaber, man opstillede som ejendommelige for Syrerne — deres Smag, deres Evne til at rødne blaa Plantefarver, til at forene sig med Vand, til at modstaa Frysning, til at opløse Metaller, til at forene sig med Alkalier, Jordarter og Metalilter og dermed danne neutrale Salte, til at danne Ætherarter, til at fælde forskjellige alkaliske Opløsninger osv. — alle disse Egenskaber gjaldt vel for et vist Antal Syrer, men ingenlunde for alle, og mange Salte, ja selv Baser viste lignende Forhold. BERGMAN havde allerede vist, at Kali- og Natronlud opløse Blyilte, SCHEELE [8]), at Zink opløses i Kalilud under Brintudvikling, BERTHOLLET, at Blyilte ogsaa opløser sig i Kalkvand; han fremstillede en krystallinsk Forbindelse af Blyilte og Kalk og kom til det Resultat, at mange Ilter „exercent les fonctions d'un alcali avec les oxides et celles d'un acide avec les alcalis" [9]). En udførligere Kritik underkastede WINTERL de Karakterer, man opstillede som bestemmende for Syrer og Baser. Han paaviser de Modsigelser, der fandt Sted mellem Theori og Erfaring, og slutter sine Betragtninger saaledes: „Si autem Acida sub operatione mutantur in Bases & hæ in illa, si eadem corpora

[1]) Journ. de phys. **46**, 436 (1798).
[2]) TROMMSDORFF's Journal der Pharm. **7**, 2. Stück, S. 61 (1800).
[3]) Stat. chim. **2**, 123, 269.
[4]) Ibid. **2**, 122.
[5]) Phil. Trans. 1786, 146.
[6]) Stat. Chim. **2**, 113.
[7]) Ibid. **2**, 123.
[8]) Werke (von Hermbstädt) **1**, 232.
[9]) Mém. de l'Ac. des Sc. 1788, S. 728.

vim acidam & basicam simul habere possunt, si vero corpora neutra vel mere basicas vel mere acidas qualitates habent, si Acida Acidis, Bases Basibus junguntur — patet, nec Acida nec Bases eorumque genus quod cum arbitraria exclusione Aqua ægrius solubilium Salis nomine vocamus, fidelem characterem externum habere." [1])

Berthollet, der, som vi saa ovenfor, ikke var blind for, at Forholdet mellem Syrer og Baser er flydende, betoner i Statique chimique 1803, at det, der karakteriserer Syrerne som saadanne, er, at de med Alkalier frembringe „le degré de saturation qu'on appelle neutralisation" [2]). Denne Syrens Affinitet til Alkali maa betragtes som „une affinité dominante, qui lui impose son caractère." Deraf følger, at Syrernes Styrke maales ved den Mængde af hver Syre, som er i Stand til at mætte en given Mængde af et og samme Alkali. Det er da klart, at „la capacité de saturation doit servir à former l'échelle de la puissance comparative des acides ainsi que celle des alcalis." [3])

Om Ilten som Syreprincip hedder det, at den „communique l'acidité aux combinaisons qu'il forme, lorsqu'il n'éprouve pas un degré de saturation trop considérable: sous ce dernier rapport on a eu raison de l'appeler principe acidifiant" [4]). Som Exempel paa en Forbindelse, hvor „la saturation" i denne Forstand er fuldstændig, nævner Berthollet [5]) Vand, hvori baade Brintens og Iltens Egenskaber ere fuldstændig forsvundne, ligesom Syrernes og Alkaliernes i deres neutrale Salte ere blevne latente. I Syrerne bevarer Ilten altsaa endnu en Del af sin Karakter, medens det omvendt i Metalilterne er Metallet, som endnu bevarer en Del af sin Karakter, og paa denne Maade forklares, at Ilten kan frembringe baade Syrer og Baser.

Paa en hel anden Maade betragtede H. C. Ørsted Sagen i en aandfuld Afhandling: „Die Reihe der Säuren und Basen" [6]). Han mener her, at alle Baser og Syrer kunne ordnes i én sammenhængende Kæde, som han begynder med den stærkeste Base, fortsætter med bestandig svagere og svagere Baser, indtil han naaer en som Lerjord, der har ligesaa meget Karakter af en Syre, og fortsætter nu med bestandig stærkere Syrer. Det er nu vist nok, at Ilten ikke altid meddeler det Stof, hvormed den forener sig, sine Egenskaber, og at omvendt flere Legemer have Karakter af Syrer uden at indeholde Ilt. Men naar nogle heraf have sluttet, at Tanken om Ilt som Syreprincip maa opgives, saa er dog de Kjendsgjerninger, hvorpaa denne Tanke hviler, for mærkelige og sammenhængende, til at man kan opgive dem. Kulstof, Kvælstof, Fosfor, Svovl og flere Metaller, ni eller ti, blive sure ved at forbindes med Ilt. Den fælles Egenskab, som disse i saa mange Henseender heterogene Legemer antage ved Forbrænding, er dog vel snarest at tilskrive det Stof,

---

[1]) J. J. Winterl: Prolusiones ad chemiam sæc. dec. noni, Budæ, 1800, 8°, S. 15, 19.

[2]) Statique chimique **1**, 70.

[3]) Ibid. **1**, 73.

[4]) Ibid. **2**, 8.

[5]) Ibid. **1**, 316—317.

[6]) Gehlen's Journal d. Chemie u. Phys. **2**, 509—547 (1806).

som forener sig med dem alle. Men paa den anden Side se vi, at Ilten i mange Forbindelser ikke blot frembringer Aciditet, men endogsaa Basicitet. Saaledes virke Metalkalkene, der indeholde en vis Mængde Ilt, som Baser og ophæve Syrernes Aciditet. Men forbundne med mere Ilt forandres deres Evne til at afstumpe Syrer, og nogle blive med et Maximum af Ilt virkelig sure. I en og samme Klasse frembringer Ilten altsaa ganske forskjellige Virkninger. Vi se følgelig i Rækken af Syrer og Baser en regelmæssig Forandring i Fænomenerne, som ikke kan være uden Lovmæssighed.

Kvælstof, som med Ilt danner Salpetersyre, giver med Brint en Base, nemlig Ammoniak. Saa enestaaende nu ogsaa dette Forhold er, giver det dog Anledning til at stille Brint i samme Forhold til Baserne, som vi længe have stillet Ilt til Syrerne. Dette er saa meget naturligere, som Brint er det eneste Stof, der fuldstændig neutraliserer Ilten (Neutralisering taget i Ordets videste Forstand). Men netop Brint giver med Svovl en Syre. Ogsaa her have vi kun et eneste Exempel. Vi kunne dog her i Analogi med Forholdene ved Ilten slutte, at en lignende Modsætning ogsaa findes hos Brintforbindelserne. At vi ikke kjende flere Exempler, kan ligge i, at vi ikke have Brintningen saaledes i vor Magt som Iltningen.

Resultatet af alt dette er, „dass ein Stoff in einem gewissen Grade der Verbindung eben das Gegentheil von dem bewirken kann, wie er in einem anderen Zustande that“ [1]). Noget saadant gjenfinde vi kun i Galvanismen. Det er bekjendt, at man ved Anvendelse af en svag galvanisk Strøm faaer en sur Smag, naar man berører Tungen med den positive Pol, men er Søjlen stærk f. Ex. 100 Kobber-Zink-Plader i en Salmiakopløsning, faaer man en alkalisk Smag ved den positive, en sur ved den negative Pol. Der er her en fuldstændig Analogi med Elektriciteten, som i ringe Mængde fremkalder den Modsætning, vi kalde Fordeling, men i større Mængde ikke blot hæver denne Modsætning, men frembringer samme Elektricitet.

Berzelius og Hisinger have nu som bekjendt fundet, at den galvaniske Strøm sønderdeler Saltene saaledes, at Syrerne og Ilten gaa til den positive, Brinten og Baserne til den negative Pol. [2]): „Nehmen wir also an, dass die positive Elektricität als Prinzip des Wasserstoffs und der Basicität, die negative aber als Princip [des Sauerstoffs und] der Acidität anzusehen ist, so folgt, dass der positive Pol den Sauerstoff und die Säuren anziehen müsse, die negative aber den Wasserstoff und die Basen.“ [3])

Naar nu Ilten er det sande Syreprincip, maa herefter dens første Virkning være at fremkalde sin Modsætning, nemlig Basicitet, dens anden at fremkalde Aciditet. Omvendt maa Brintens første Virkning være at fremkalde Aciditet, dens anden at fremkalde Basicitet. For Brintens første Virkning have vi ganske vist kun et sikkert Exempel, Svovlbrinte. Men det er dog sandsynligt, at Blaasyre hører til samme

---

[1]) Ibid. 535.

[2]) Gehlen's Neues allg. Journ. d. Chemie, **1**, 115 (1803).

[3]) Gehlen's Journ. d. Ch. u. Phys. **2**, 537.

Klasse, idetmindste har man hidtil ikke kunnet bevise, at den indeholder Ilt: „Vielleicht können wir noch diese Vermuthung sehr ausdehnen; denn es ist gar nicht unmöglich, dass die Pflanzensäuren durch Hydrogen Säuren sind.“ [1])

Mod BERTHOLLET's Opfattelse, at Syrernes Styrke maales ved deres Mætningskapacitet (s. ovenf. S. 73), gjør ØRSTED flere Indvendinger, bl. a. den, at „die Quantität der Acidität doch wohl von der Intensität derselben sehr verschieden ist“ [2]), dernæst den, at de svageste Baser kræve den største Mængde Syre til Mætning. Ogsaa WINTERL fremhæver, at Metalilterne ved højere Iltning tabe i Basicitet, men kræve mere Syre til deres Mætning.“ [3])

ØRSTED's Ide, at ogsaa Brinten under visse Omstændigheder kunde optræde som Syreprincip, fandt dog foreløbig ingen Tilslutning. Ovenfor have vi set, hvorledes BERTHOLLET bortforklarede det eneste sikre Tilfælde, hvorpaa ØRSTED kunde støtte sig. Ved det nye Aarhundredes Begyndelse var man i det hele paa det rene med, at alle Syrer indeholde Ilt, og om man end ikke havde fremstillet Saltsyrens, Borsyrens og Flussyrens Radikaler, saa lovede H. DAVY's glimrende Opdagelse af Alkalimetallerne (1807), at dette Savn vilde blive udfyldt i en nær Fremtid. DAVY forsøgte virkelig ogsaa at sønderdele Borsyren ved Elektrolyse og angav allerede 1807 at have faaet en mørk, brændbar Substans udskilt ved den negative Pol [4]). Aaret efter smeltede han Borsyre med Kalium og fik ogsaa her et sort Stof, men baade ved dette og det forrige Forsøg i saa smaa Mængder, at en nærmere Undersøgelse var ugjørlig [5]). Samme Aar søgte GAY-LUSSAC og THÉNARD at reducere afvandet Borsyre med Kalium og i Nov. 1808 meddelte de „l'Institut“ en Række Iagttagelser, hvoraf fremgik, at Borsyren bestaaer af Ilt og et eget Radikal. De saa sig i Stand til at sønderdele den, gjendanne den og studere alle Radikalets Egenskaber [6]).

Aaret efter søgte DAVY at godtgjøre, at Svovl indeholdt Ilt, hvorved altsaa ogsaa Svovlbrintens Anomali vilde falde bort. Han opvarmede nemlig en given Mængde Kalium med Svovlbrinte, som absorberedes under stærk Lysudvikling. Brint blev fri, og der dannedes en Forbindelse af Svovl og Kalium. Naar han nu behandlede denne Svovlforbindelse med Saltsyre, fik han vel Svovlbrinte, men en Mængde, der langtfra svarede til den Brintmængde, det anvendte Kalium skulde give. Svovlbrinte indeholder altsaa en Substans, som var i Stand til at formindske den udviklede Brintmængde, og denne Substans kunde kun være Ilt. Da man nu kan fremstille

---

[1]) Ibid. 540—541.

[2]) Ibid. 520. Syrernes Intensitet ytrer sig bl. a. ved deres Evne til at angribe Metaller, selv de mere elektronegative: „Nur sehr wenige wirken auf Gold. Diese sind: die oxydirte Salzsäure, die salpetrige Säure, die schwefelige Säure. Es ist also zu vermuthen, dass diese die stärksten sind“ (ib. S. 526).

[3]) WINTERL: Darstellung der vier Bestandtheile d. anorg. Natur; übersetzt von Joh. Schuster. Jena 1804. 8⁰. S. 8, Anm.

[4]) Phil. Trans. 1808. Afhandlingen blev læst 19. Nov. 1807 i Roy. Soc. (Works ed. by John Davy, **5**, 100).

[5]) Ibid. (Works, **5**, 113).

[6]) GAY-LUSSAC et THÉNARD: Recherches phys. chim. Paris 1811, 8⁰. **1**, 291.

Svovlbrinte ved at ophede Svovl i Brint, sluttede DAVY, at Svovl ogsaa maatte indeholde Ilt. Men for mere direkte at godtgjøre dette, forbandt han Kalium med Svovl, men fik heller ikke af det saaledes fremstillede Svovlkalium den beregnede Mængde Svovlbrinte, og jo mere Svovl han forbandt Kalium med, desto mindre Svovlbrinte fik han[1]. GAY-LUSSAC og THÉNARD gjentoge imidlertid med stor Omhu DAVY's Forsøg, men med modsat Resultat. De fik netop det til den anvendte Kaliummængde svarende Rumfang Svovlbrinte og forklarede DAVY's Fejltagelse deraf, at Saltsyren ved sædvanlig Temperatur og Tryk holder en betydelig Mængde Svovlbrinte opløst[2]. Det var da vist, at Svovlbrinten ikke indeholdt Ilt, og at dens sure Egenskaber ikke hidrørte fra dette almindelige Syreprincip. Men Svovlbrinten var en svag Syre, og jeg har allerede ovenfor omtalt, hvorledes KIRWAN og BERTHOLLET mente, at dens sure Egenskaber hidrørte fra Svovlets. Ogsaa BERZELIUS sluttede sig senere[3] til denne Opfattelse.

Af større Vigtighed og af langt mere gjennemgribende Betydning for Syrebegrebets Udvikling blev den store Strid om Saltsyrens Iltholdighed, som varede fra 1809 til 1820, og som i saa mange Henseender skulde kaste nyt Lys over Betragtningen af Syrerne.

Allerede 1785 havde BERTHOLLET søgt at godtgjøre, at SCHEELE's deflogisticerede Saltsyre indeholdt Ilt. Han anførte navnlig to Beviser. Brunsten, som ved Ophedning havde afgivet 1/8 af sin Vægt Ilt, gav ved Behandling med Saltsyre en langt mindre Mængde deflogisticeret Saltsyre end før Glødningen. Desuden udviklede en Opløsning af deflogisticeret Saltsyre i Vand Ilt i Sollys, medens Vædsken næsten kun indeholdt almindelig Saltsyre. Den deflogisticerede Saltsyre maatte altsaa indeholde Ilt, men „l'air vital adhère si foiblement à l'acide marin, que l'action de la lumière suffit pour l'en dégager promptement parce qu'elle a avec son base plus d'affinité que l'acide marin.“[4]. PELLETIER viste samme Aar[5], at Saltsyren ved almindelig Temperatur absorberer Ilt, og forklarede Kongevandets Egenskaber ved, at Salpetersyre iltede Saltsyre til deflogisticeret Saltsyre. GUYTON DE MORVEAU troede at bevise Saltsyrens Iltholdighed med den Bemærkning, at den opløser Metaller og at disse fældedes af kaustiske Alkalier i Form af almindelige Metalkalke[6].

Den Mængde Forsøg, som i de sidste Aar af det 18. og de første i det 19. Aarhundrede blev gjort paa at isolere Saltsyrens Radikal, og i Følge hvilke man snart betragtede det som bestaaende af Zink (ARMET[7] 1795), snart af Kulstof (CURANDAU

---

1) Phil. Trans. 1809 (Afh. læst 15. Dec. 1808); Works **5**, 160 ff.
2) Rech. phys. chim. **1**, 197.
3) Gilb. Ann. **38**, 175 (1811).
4) Mém. de l'Ac. d. Sc. 1785, 276.
5) Journ. d. phys. **26**, 293, 294.
6) Encycl. méth. Chimie **1**, 125 (1786).
7) GREN's N. Journ. d. Physik **2**, 595. **3**, 542.

1798), snart af Kvælstof (BERTHOLLET[1]) 1800), snart antog Saltsyren sammensat af Ilt og Brint (GIRTANNER[2]) 1795; PACHIANI[3]) 1805; MARTIN, LAMPADIUS[4]) 1817), og som gjentog sig 1824 (SERTÜRNER[5])) og 1825 (AUG. DE LA RIVE og MACAIRE[6])), blev næsten lige saa hurtigt gjendrevne, som de blev fremsatte, og havde saaledes kun ringe Betydning.

W. HENRY forsøgte 1800 at dekomponere over Chlorcalcium tørret Saltsyreluft ved stærke elektriske Gnister over Kvægsølv og fik dannet Brint og Kalomel (altsaa saltsur Kvægsølvkalk). Han sluttede deraf, at Saltsyren indeholder Vand[7]). Til samme Resultat kom BERTHOLLET[8]) 1806, idet han forenede vandfrit Kali med Saltsyreluft og fandt Vægten af det dannede Muriat langt mindre end Summen af Syrens og Basens Vægt. GAY-LUSSAC og THÉNARD[9]) drog samme Slutning af et lignende Forsøg, som de foretog Jan. 1809, og hvorved de anvendte glødet Blyilte og opsamlede det efter deres Mening uddrevne Vand. De bestemte endog med stor Nøjagtighed Saltsyrens Indhold af Vand eller Brint og Ilt i samme Forhold som i Vand[10]), idet de forenede 60 g. tørt Sølvilte med 15 g. tør Saltsyreluft, hvorved de fik 71,3 g. smeltet saltsurt Sølvilte, altsaa et Deficit af 3,7 g. Vand. Herefter skulde den tørre Saltsyreluft Vandindhold være 24,7 %, medens BERZELIUS 1818 fandt 24,8 %. Man ser imidlertid, at Beviset er ganske af samme Art som det, Flogistikerne førte for, at den Brint, der udvikler sig, naar Metallet opløses i Syren, hidrørte fra Metallet, og at man ligefrem kunde anvende LAVOISIER's Modbevis: man vidste, at Saltsyren indeholdt Brint, og det var afgjort, at Metaliltet indeholdt Ilt, men man havde ikke bevist, at Saltsyren indeholdt Vand. GAY-LUSSAC og THÉNARD følte ogsaa det utilstrækkelige i deres Bevis og Nødvendigheden af at godtgjøre Saltsyrens Vandholdighed ved Processer, hvori ingen iltholdige Legemer indgik. De anstillede endnu i Jan. 1809 en Mængde Forsøg i denne Henseende, men uden Held: Hverken Borsyre, Kiselsyre eller glødet sur fosforsur Kalk formaaede at bemægtige sig Baserne i de saltsure Salte af Sølvilte, Natron, Baryt, Strontian, Kalk eller Kvægsølvilte, selv ved de højeste Temperaturer, men naar Vand var tilstede, foregik Sønderdelingen meget let[11]). Heller ikke førte de Forsøg, de i Jan. og Febr. 1809 anstillede for at paavise Ilt i iltet Saltsyre til sikre Resultater. Vistnok fik de ved at lede fuldkommen tør iltet Saltsyre over Kalk og Magnesia ved Rødglødhede

[1]) Journ. de phys. **50**, 313, 477; Ann. chim. **39**, 15.

[2]) Gött. gelehrte Anzeiger 1795, S. 526; GIRTANNER: Anfangsgründe d. antiphlog. Chemie, 2. Udg. Berlin, 1795, 8°, S. 154.

[3]) GEHLEN's N. allg. Journ. d. Chemie, **5**, 242, 398.

[4]) SCHWEIGGER's Journ. d. Chem. u. Phys., **19**, 28, 521.

[5]) GILBERT's Ann. d. Phys., **12**, 109.

[6]) Bull. universel. Fév. 1825. Chimie, 127; Berzel. Jb., **6**, 84.

[7]) Phil. Trans. 1800, **1**, 188. DAVY gjentog senere Forsøget og fik udviklet ½ Rf. Brint af 1 Rf. Saltsyre. (Phil. Trans. 1810, Works 5, 290.)

[8]) Mém. de la soc. d'Arcueil, **2**, 56.

[9]) Ann. chim. **69**, 208.

[10]) Recherches phys.-chim. **2**, 118 ff.

[11]) Rech. phys. chim. **2**, 129.

dannet Muriater og udviklet Ilt. Men om denne sidste hidrørte fra den iltede Saltsyre eller fra de vandfri Baser, var jo usikkert. En lignende Usikkerhed frembød de Forsøg, hvorved de ledede tør iltet Saltsyre med tør Svovlbrinte eller Vanddamp gjennem glødende Rør: de fik dannet Svovl eller Ilt og Saltsyre, og kun under Forudsætning af, at denne indeholdt Vand, viste Forsøget, at den iltede Saltsyre indeholder Ilt. Paa samme Maade forholdt det sig med de Forsøg, hvorved de paaviste, at lige Rumfang Brint og iltet Saltsyre forenede sig til Saltsyre, langsomt i spredt Dagslys, let og under Explosion i Sollys eller ved Glødhede. Kulstof dekomponerede hverken det saltsure Sølvilte eller den iltede Saltsyre selv ved meget høje Temperaturer, uden naar Vand var tilstede: „D'où il faut conclure, que l'acide muriatique qui passait autrefois pour le corps qui avait le moins d'affinité pour l'oxygène (jfr. S. 76) est au contraire celui qui en a le plus" [1]). Ved almindelig Temperatur eller svag Opvarmning var hverken Svovlsyrling, Kulilte, Kvælstofoxydul, Kvælstofoxyd, ligesaa lidt som Bor, svovlsyrlig Kalk eller Baryt i Stand til at decomponere den iltede Saltsyre, men ved Tilstedeværelse af Vand foregik Sønderdelingen meget let. De sluttede deres Afhandling om dette Emne med følgende Bemærkning: „Le gaz muriatique oxygèné n'est pas décomposé par le charbon, et on pourrait d'après ce fait et ceux qui sont rapportés dans ce mémoire supposer que ce gaz est un corps simple; les phénomènes qu'il présente s'expliquent assez bien dans cette hypothèse: nous ne chercherons point cependant à la défendre, parce qu'il nous semble qu'ils s'expliquent encore mieux, en regardant l'acide muriatique oxygèné comme un corps composé" [2]).

Davy haandhævede derimod med stor Skarphed det Princip, Lavoisier havde opstillet: „Toutes les substances que nous n'avons encore pu décomposer, sont pour nous des élémens" [3]), i Kraft af hvilket han med saa glimrende Resultat havde bekjæmpet Flogistikerne, men som hans Efterfølgere nu syntes at ville svigte. Davy havde foretaget omtrent de samme Forsøg som Gay-Lussac og Thénard for at paavise Ilt i den iltede Saltsyre. Han havde i en hel Time holdt Kul ved Hvidglødhede deri, uden at den iltede Saltsyre sønderdeltes. Han havde ladet stærke elektriske Gnister timevis slaa igjennem den, uden at den undergik mindste Forandring. Han havde desuden fundet, at Spiritus fum. Libav. (Tintetrachlorid) absorberede Ammoniak under stor Varmeudvikling. Derved dannedes et hvidt, fast og flygtigt Legeme, og det var altsaa ikke muligt paa denne Maade at udskille Tinsyren, medens den saa let fældes af Ammoniak, naar det saltsure Tintveilte er opløst i Vand. Fosforets Forbindelse med den iltede Saltsyre havde givet ham lignende Resultater. Gay-Lussac og Thénard [4]) havde allerede fundet, at naar 3 Rumfang tør iltet Saltsyre virkede paa Overskud af Ammoniakvand, udvikledes 1 Rf. Kvæl-

[1]) Ibid. 149.
[2]) 27. Febr. 1809. Mém. d'Arcueil **2**, 357; Rech. phys. chim. **2**, 156.
[3]) Lavoisier: Traité élém. **1**, Discours préliminaire p. xvij.
[4]) Rech. phys. chim. **2**, 126.

stof, og heraf sluttet, at da 2 Rf. Ammoniak bestod af 1 Rf. Kvælstof og 3 Brint, som ved Processen iltedes til Vand, maatte den iltede Saltsyre indeholde lige Rf. ren Saltsyre og Ilt [$3\,MuO_2, O + 2\,NH_3 = 3\,MuO_2, H_2O + 2\,N$]. DAVY fandt, at 3 Rf. iltet Saltsyre med stor Heftighed virker paa ca. 8 Rf. tør Ammoniak under Dannelse af Salmiak og c. 1 Rf. Kvælstof [$3\,Cl + 4\,NH_3 = 3\,NH_4Cl + N$], og det forekom ham, at alle disse Fakta kun med Vanskelighed og tvungent lode sig forene med den Anskuelse, at den saakaldte iltede Saltsyre var et sammensat Legeme. Han udtaler med Bestemthed, „that SCHEELE's view [1]) of the nature of the oxymuriatic and muriatic acid, may be considered as an expression of facts" [2]), og fremdeles: „As yet we have no right to say, that it has been decompounded; and at its tendency of combination with pure inflammable matters it may possibly belong to the same class of bodies as oxygene" [3]). DAVY betragtede da den iltede Saltsyre som „a peculiar acidifying and dissolving principle", der med brændbare Legemer dannede Forbindelser analoge med Syrer og Ilter, og som væsentlig kun adskilte sig fra disse ved, at de for største Delen dekomponeredes af Vand. Saltsyren var da en Forbindelse af Brint med den iltede Saltsyre som Syreprincip. Paa lignende Maade maatte Libavius's Vædske og Fosforets Forbindelser med den iltede Saltsyre forklares. Dennes Forbindelser med Metaller vare analoge med Iltens.

Endnu bestemtere udtalte DAVY sig i sin Baknian Lecture 15. Nov. 1810 [4]). Naar Kalium brænder i iltet Saltsyre, dannes Brint og en fast Forbindelse. Anvender man istedenfor Kalium Kali, fremstillet af Kalihydrat og Kalium eller ved Glødning af Kaliumoverilte, udvikles Kaliets hele Iltmængde, og den samme Forbindelse dannes: „It is contrary to sound logic to say, that this exact quantity of oxygen is given off from a body not known to be compounded, when we are certain of its existence in another" [5]). Den iltede Saltsyre bør derfor betragtes som et Element og have Navn som et saadant. DAVY foreslog Chlorine, (som GAY-LUSSAC senere forkortede til Chlor), og skjelner skarpt mellem Chlormetaller og saltsure Salte. De sidste ere Forbindelser af Saltsyreluft med Metalilte. DAVY protesterer paa det bestemteste mod, at hans Anskuelse betragtedes som en Hypothese: „There may be oxygen in oxymuriatic acid, but I can find none [6]) — and till a body is decompounded, it should be considered as simple" [7]).

[1]) KLAPROTH (Suppl. z. d. chem. Wörterbuche, Berlin 1816, 8⁰, **1**, 464) mener vel, at man ikke med Rette kan identificere SCHEELE's Flogiston med Brint, men i Chem. Abh. über Luft u. Feuer, Leipzig 1774, S. 142 udtaler SCHEELE sig saaledes om Flogiston: „Die Hitze ist es, welche mit sehr wenig mehr Phlogiston das Licht, und mit einer grösseren Menge die bekante brennende Luft hervor bringet". Brint var altsaa efter S. en Forbindelse af Flogiston med Varme. Antiflogistikerne mente, at Brint var en Forbindelse af Varmestof med et hidtil ikke isoleret Radikal. Dette blev altsaa SCHEELE's Flogiston, og S. betragtede Saltsyre som bestaaende af Flogiston og deflogisticeret Saltsyre eller efter vor nuværende Nomenklatur af Brint og Chlor.

[2]) Phil. Trans. 1810, S. 287.

[3]) Ibid. S. 243.

[4]) Ibid. 1811, S. 1.

[5]) Ibid. S. 29.

[6]) Ibid. S. 35.

[7]) Ibid. S. 34.

Men denne nye Lære, som truede med aldeles at kuldkaste Ilt som Syreprincip og tilintetgjøre den fuldkomne Analogi, der fandtes i LAVOISIER's Theori om Syrer og Salte, kunde ikke trænge igjennem uden Modstand. Den ældre Lære fik tilmed netop paa denne Tid en ny Bestyrkelse i den mærkelige Lov, BERZELIUS uddrog af sine Arbejder over de kemiske Proportioner, at nemlig i de neutrale Salte Iltmængden i Syren var 2, 3, 4, 5, 6 .... Gange saa stor som Iltmængden i Basen[1]), og at dette Forholdstal for alle Salte af samme Syre forblev det samme. Denne Lov, som BERZELIUS underbyggede med en Mængde Analyser, hvis Nøjagtighed endnu maa betegnes som forbavsende, var aabenbart aldeles uforenelig med en Lære, som erklærede, at Typen for alle Salte, Kogsalt, slet ikke indeholdt Ilt. BERZELIUS antog derfor ogsaa den vandfrie Saltsyre $= Mu\,O_2$ (Mu = Muriaticum) og vedblev til det yderste at forsvare denne Theori. At den vandfri Saltsyre ikke var fremstillet, var ingen berettiget Indvending, thi man havde jo heller ikke fremstillet vandfri Svovlsyre eller vandfri Salpetersyre. Det var derfor sandsynligt, at disse Legemer ikke kunde existere i fri Tilstand, men kun i Forbindelse med Vand, som i disse Forbindelser spillede Basens Rolle[2]). DAVY's Ide om iltet Saltsyre som et usammensat Stof, ganske analogt med Ilt, kunde ganske vist ikke modbevises ved direkte Forsøg, men den gjendriver sig selv, naar man udvider den til den almindelige Saltsyres Forbindelser. Denne Syre er nemlig efter DAVY en Syre, hvis Radikal er Brint og hvori Chlor er Syreprincip. De saltsure Salte, som ikke indeholde Krystalvand, ere Forbindelser af Metal med iltet Saltsyre, de derimod, som indeholde Krystalvand, virkelige saltsure Salte; men hvad vi holde for Krystalvand, er Syrens Brint og Basens Ilt, som først i det Øjeblik, de uddrives, blive til Vand. Men dertil er at bemærke, at de samme Fænomener ved svovlsure, fosforsure og andre Salte, som indeholde Krystalvand, ikke kan forklares paa samme Maade, og at det derfor synes, at „DAVY hierin unser einzige Leitfaden, die Analogie mit der übrigen Natur, verlassen habe und dadurch irre geführt worden sey“[3]). GAY-LUSSAC og THÉNARD bestred, at de af DAVY anførte Fakta om Tinchloridets og Fosforchloridets Forhold overfor tør Ammoniak vanskeligere kunde forklares efter den gamle Theori end efter den nye; de lod sig lige let forklare efter begge. De indrømmede vel, at Spørgsmaalet, om den iltede Saltsyre var et enkelt eller et sammensat Stof, endnu ikke var besvaret tilfredsstillende, men de ansaa den gamle Theori for den sandsynligste, fordi alle Muriaternes Egenskaber vare ganske analoge med Sulfaternes, Nitraternes osv., og da det var afgjort, at disse bestode af Syre, Ilt og Metal, var det rimeligt, at det samme gjaldt om Muriaterne. Hvis den iltede Saltsyre var usammensat, maatte fremdeles Saltsyren med største Lethed dekomponeres og gjendannes, og ved enhver Opløsning af et Muriat i Vand, maatte dette sidste sønderdeles. I tør Tilstand vilde Muriaterne da have en ganske anden Sammen-

---

[1]) Brev fra BERZELIUS til GILBERT 1. Okt. 1810; Gilb. Ann. **37**, 217.

[2]) Ibid. og **38**, 217, **40**, 235, 324.

[3]) Brev fra BERZELIUS til GILBERT 20. Maj 1811; Gilb. Ann. **38**, 228.

sætning end i Opløsning. Naar imidlertid den iltede Saltsyre bestaaer af Ilt og et ubekjendt Stof, bliver det et aabent Spørgsmaal, om Saltsyreluft er sammensat af dette sidste, Ilt og Brint, altsaa om den er en „acide triple“ med et bundet Radikal, eller om den indeholder Ilt og Brint forenede til Vand. Dette Spørgsmaal ansaa de dog for uløseligt, thi det er væsentligt det samme som det, i hvad Tilstand Bestanddelene ere tilstede i Salt „y sont-ils à l'état d'acide et d'oxide, ou bien leurs élémens y sont-ils désunis“[1]). Disse Spørgsmaal, som senere kom til at spille en saa stor Rolle i Syrebegrebets Udviklingshistorie, begyndte Striden om Saltsyrens Iltholdighed altsaa allerede at fremkalde en Anelse om.

Ogsaa Berthollet fremhævede mod Davy de hyppige Vanddannelser og Vanddekompositioner, Iltninger og Reduktioner, som der ikke syntes nogen Grund til at antage undtagen den, at den nye Hypothese fordrede dem[2]), og gjorde i Anledning af Gay-Lussac's og Thénard's og Davy's forgæves Forsøg paa at paavise Ilt i Saltsyre og den iltede Saltsyre ved Processer, hvor Vand var udelukket, opmærksom paa, at mange Processer krævede Tilstedeværelse af Vand, uagtet dette ikke deltog i Processen. Som Exempel fremhævede han kulsur Baryt, som ikke sønderdeltes hverken ved Opvarmning eller ved Syrer, uden Tilstedeværelse af Vand[3]).

Men ogsaa ad experimentel Vej søgte man at gjendrive de nye Ideer. Murray troede 1811 at have godtgjort, at Davy's Chlor indeholdt Ilt. Han udsatte en Blanding af tørt Kulilte og tørt Chlor for Sollyset, men uden at iagttage nogen Forandring. Tilsattes derimod Brint, fandt han, at der dannedes Kulsyre. Ligeledes skulde efter M. en Blanding af Chlor og Svovlbrinte give Svovlsyrling, ja endog Svovlsyre. Men John Davy, en Broder til Humphry Davy, paaviste, at Chlor og Svovlbrinte kun dannede Saltsyre og Thomson's Chlorsvovl, og at Murray kun havde faaet Svovlsyre, fordi han ikke havde arbejdet under Forhold, hvor Vand var fuldstændig udelukket, og hvad det andet Forsøg angik, var den Luftformindskelse, som fandt Sted ved at lade elektriske Gnister slaa gjennem en Blanding af Chlor, Brint og Kulilte saa ringe, at den efter al Sandsynlighed hidrørte fra Tilstedeværelse af en ringe Mængde Vand. Murray gjentog da sine Forsøg paa en ny Maade. Han udsatte 1 Rf. Kulilte, 1 Rf. Brint og 2 Rf. Chlor for Sollyset; efter nogen Tid lod han Ammoniak stige til, og da Størstedelen af Luftblandingen forsvandt og det dannede Ammoniaksalt bruste med Salpetersyre, sluttede han, at der uomtvistelig var dannet Kulsyre. Men J. Davy beviste nu, hvad Murray havde benægtet, at Kulilte og Chlor alene i Sollys virke paa hinanden og danne en ny farveløs Luftart, Kulstofoxychlorid $COCl_2$. Denne Forbindelse er en Syre, der rødner Lakmus, danner et neutralt Salt med Ammoniak, som ikke dekomponeres af Eddike-

---

[1]) Rech. phys. chim. 2, 175.
[2]) Ann. Chim. 80 (30. Nov. 1811), 134.
[3]) Ibid. 127.

syre, sønderdeler kulsur Ammoniak[1]) osv. Man maatte derfor betragte den som bestaaende af 2 Syreprinciper, bundne til et og samme brændbare Radikal[2]).

De betydeligste Indvendinger, som fremkom mod DAVY's Theori, var dog dem, BERZELIUS med sædvanlig Skarpsindighed og Udholdenhed hentede fra hele den daværende Kemis Omraade. Han fremhæver atter, at den Omstændighed, at vandfri Saltsyre ikke er fremstillet, ingenlunde kan gjælde som Bevis for, at Saltsyren ikke indeholder Vand: „Nicht selten ist die Verwandschaft eines Radikals zum Sauerstoff eine unvergleichlich grössere Kraft als die einer Säure zu einer Basis. Es ist also sehr natürlich, dass eine Säure, welche für sich nicht darstellbar ist, und deren Radikal eine sehr grosse Verwandschaft zum Sauerstoff hat, nicht ohne Dazwischenkunft von Wasser oder einer Basis aus ihren Verbindungen getrennt werden kann“[3]). Dette er netop Tilfældet med Saltsyre, og heri ligner den Svovlsyre, Salpetersyre, Vinsyre, Oxal- og Citronsyre. Gløder man derfor Kogsalt med kalcineret Borsyre, stiller man derved Borsyrens svage Affinitet til Alkali mod den langt stærkere Saltsyre, men tillige mod den endnu uendelig større Affinitet, denne Syres Radikal har til Ilt. Af samme Grund er det ogsaa meget let at forstaa, at det ikke lykkedes DAVY at dekomponere den iltede Saltsyre med Kul. Lader nemlig vandfri Saltsyre sig ikke fremstille, skulde Kullet ogsaa bemægtige sig den Ilt, som er forbunden med Saltsyrens Radikal. Forsøget viser altsaa blot, at dettes Affinitet til Ilt er langt større end Kullets. Betragter man Saltsyren og dens Forbindelser uden Sammenhæng med den øvrige Natur, har DAVY's Hypothese nogen Sandsynlighed. Men ved et almindeligt Blik paa Kemien vil man snart finde, „wie sehr diese schöne Wissenschaft durch eine solche Hypothese würde verunstaltet werden“[4]). Alle Experimenter tale lige meget for begge Theorier, og Analogien bliver derfor her af den yderste Vigtighed. De Syrer, som ikke indeholde Ilt, vare hidtil Svovlbrinte og Tellurbrinte og efter DAVY Chlorbrinte. Men hvilken himmelvid Forskjel er der ikke imellem Saltsyre og Svovlbrinte. Opløses Svovlkalium i Vand, dekomponeres dette og ved Inddampning faaer man hydrothionsurt Kali; men inddampes en Opløsning af saltsurt Kali, skulde denne Forbindelse, trods Saltsyrens stærke Affinitet til Kali og Kaliums endnu stærkere til Ilt, sønderdeles blot ved Krystallisation og danne Chlorkalium. Forbindelser, som vandfrit basisk saltsurt Blyilte kom til at savne al Analogi, idet de kom til at danne en ganske ny Klasse af Forbindelser, sammensat

[1]) REGNAULT paaviste senere (Ann. chim. phys. **69**, 180), at det Salt, Carbonylchlorid danner med Ammoniak, var en Blanding af Salmiak og Carbamid, og at det kun bruser med stærk Salt-, Salpeter- eller Svovlsyre. Endnu senere viste NATANSEN (Ann. Pharm. 98, 282), at REGNAULT's Carbamid var = Urinstof.

[2]) Gilb. Ann. **40**, 240 (1812). Skjøndt MURRAY's Forsøg hurtigt bleve gjendrevne, spiller det endelige Resultat af hans Strid med J. DAVY en ret vigtig Rolle i Striden om Chlorets Iltholdighed (jfr. nedenfor). MURRAY's senere Forsøg paa at godtgjøre Saltsyrens Vandholdighed og den Kamp, de gave Anledning til (se Gilb. Ann. **45**, 117), have derimod kun ringe Interesse.

[3]) Gilb. Ann. **40**, 240 (1812).

[4]) Brev fra BERZELIUS til Gilbert 26. Marts 1812; Gilb. Ann. **42**, 289.

af Chlor, Metal og en til Iltning af Metallet utilstrækkelig Iltmængde, og J. Davy's Fosgen til at afgive et besynderligt Exempel paa en Syre, hvori to Stoffer, Ilt og Chlor, begge betragtedes som Syredannere, og ved hvilken det næsten var ufatteligt, hvorfra den fik sine sure Egenskaber. Efter den ældre Theori forbinder derimod Kulilte sig med den iltede Saltsyres Ilt og der dannes en Forbindelse af Saltsyre og Kulsyre ($MuO_2 + CO_2$), hvori begge indeholde lige megen Ilt, og som derfor nødvendig maa have en Syres Egenskaber.

Hele Sommeren 1812 tilbragte Berzelius i England.

En af de første Dage var han til Frokost hos Davy, som stod i Begreb med at rejse til Skotland: „Vi entamerede bland annat en dispyt öfver hans chlorine, hvaremot jag lämnde honum några argumenter skriftligt"[1]). Disse maa væsentligt have vedrørt det basiske saltsure Bly, som efter den ældre Lære var $Mu\,O_2$, $2 Pb\,O_2$, $4\,H$, O[2]), men de virkede aldeles ikke overbevisende paa Davy, thi et Par Dage efter skrev han til Berzelius: „In your estimate you give a view which cannot be admitted and which is contrary to all analogy by not dividing the lead between the chlorine and the oxygen and by not considering the substance as a combination of plumbane"[3]), og i et Tillæg til Brevet formulerer han, ved Fordobling af Berzelius' Formel, Saltet som $2\,Cl\,H_2$, $4\,Pb\,O_2$ [$6\,H$, O] eller det vandfri Salt som $PbCl_2$, $3\,PbO_2$[4]). At Berzelius imidlertid ikke opgav Haabet om at omstemme Davy, fremgaaer af et Brev, han fra London skrev til Berthollet[5]), og hvori det hedder: „J'ai la satisfaction d'avoir vu que les chimistes de Londres ont senti la force des arguments contre cette théorie [de la chlorine], et je ne doute point que Davy, avec la clarté de ses vues, ne la sentira bientôt lui-même; car il n'avait effectivement payè ancune attention aux sousmuriates avant que je lui aie opposé le sousmuriate de plomb comme argument contre l'hypothèse précitée".

I Tyskland havde man hidtil forholdt sig temmelig indifferent overfor dette, den daværende Kemis brændende Spørgsmaal, men ogsaa herfra hævede sig dog Røster til Forsvar for den gamle Lære. N. W. Fischer fremhævede især, at naar alle de Forsøg, Gay-Lussac og Thénard og Davy havde foretaget for at paavise Vand i Saltsyren ved Processer, hvor alt Vand var udelukket, kun havde givet negative Resultater, laa det sikkert i, at overhovedet ingen kemisk Proces gik for sig uden Tilstedeværelse af Vand[6]). Naar Davy ikke havde kunnet spalte den iltede Saltsyre ved elektriske Gnister, beroede det paa, at der mellem Saltsyre og

---

[1]) Berzelius' Reseanteckningar. Stockholm, 1903, 8°, S. 16.

[2]) Sml. nedenfor S. 86, Note 3.

[3]) Davy betegnede Chlormetallerne ved Endelsen ane til Metallets Navn. Chlorbly blev saaledes Plumbane, Chlorsølv Argentane osv. (Phil. Trans. 1811; Works **5**, 346).

[4]) Jac. Berzelius' Bref, utgifna genom H. G. Söderbaum, Upsala 1912, **2**, S. 29.

[5]) Oct. 1812. Jac. Berzelius' Bref, utgifna genom H. G. Söderbaum, Upsala 1912, 8°, **1**, 43.

[6]) Hildebrandt, som ogsaa holder paa den gamle Theori, gaaer vel ikke saa vidt, men fremhæver dog, at Vand er virksomt ved mange kemiske Processer uden derfor altid at sønderdeles. Særlig gjør han opmærksom paa, at brændt Kalk kan henligge flere Maaneder i tør Kulsyre uden at omdannes til Karbonat (Schweigg. Journ. **13**, 94).

Ilt ikke kunde antages at være nogen væsentlig elektrisk Spænding. DAVY's Theori om Oxymuriater og egentlige saltsure Salte stod i en underlig Modsætning til, at Kalomel dannes „mitten im Wasser" og altsaa skulde være et saltsurt Kvægsølvilte, men dog ikke var forskjelligt fra det ved Sublimation dannede Oxymuriat. Som en meget væsentlig Indvending mod DAVY's Lære betragtede han de Konseqventser, hvortil den førte. Man kom jo til at antage, „dass, so wie in den Oxymuriaten, auch in allen trocknen Neutralsalzen die metallische Grundlage, nicht oxygenirt, sondern regulinisch enthalten sey, so dass der Sauerstoffgehalt in den Neutralsalzen nicht mit dem Metall, sondern mit der Säure verbunden sey" [1]).

Samtidig var der imidlertid i Frankrig gjort en Opdagelse, som skulde bringe alle de berømte franske Kemikere til at gaa over til den nye Lære og kaste helt nye Synspunkter ind i Striden om le principe acidifiant. COURTOIS havde opdaget Jodet, CLÉMENT og DESORMES [2]) havde foreløbig undersøgt det og fundet, at det viste en mærkelig Analogi med Chloret. Men det var GAY-LUSSAC [3]) som 1813—14 offentliggjorde sin berømte Undersøgelse over dette nye Legeme, som i Fuldstændighed og Omhyggelighed er bleven sammenlignet med BERZELIUS' over Selenet. Jod havde i alle ydre Egenskaber ganske Karakter af et Grundstof, paa den anden Side var dets Analogi med Chlor saa stor, at der til enhver Chlorforbindelse fandtes en tilsvarende Jodforbindelse, og disse Forbindelsers Lighed var saa stor, at de kun med Vanskelighed kunde adskilles. Alle de Forhold, Jodet viste, kunde forklares enten ved at antage, at det er et Grundstof, som danner en Syre med Brint, eller ved at antage denne Syre sammensat af Vand og en ubekjendt vandfri Syre, og Jod sammensat analogt med den iltede Saltsyre: „La première hypothèse nous paraît plus probable, et elle sert en même tems à donner plus de vraisemblance à celle, dans laquelle on considère l'acide muriatique oxygèné comme un corps simple". GAY-LUSSAC er nu ikke langt fra ogsaa at betragte Brinten som Syreprincip: „Il semble que cette substance joue dans la nature pour une certaine classe de corps [4]) le même rôle que l'oxygène pour une autre" [5]). DAVY, som paa den Tid opholdt sig i Paris, fremhævede derimod, at Jodet burde stilles i Klasse med Substantser, „qui ont été nommées acidifiantes ou entretenant la combustion" [6]). Man ser, at de to berømte Kemikere paa den Tid havde netop de modsatte Anskuelser af dem, de senere forfægtede. GAY-LUSSAC forkastede næsten aldeles et bestemt Syreprincip, thi naar to saa modsatte Stoffer som Ilt og Brint begge kunde være Grunden til de sure Egenskaber, mistede Begrebet Syreprincip naturligvis al Betydning. DAVY

---

[1]) Gilb. Ann. **43**, 320 (1813).

[2]) Ann. chim. **88**, 306 (6. Dec. 1813).

[3]) Ibid. 319 (20. Dec. 1813), **91**, 8—160 (Juli 1814).

[4]) DAVY havde i Midten af 1813 (Phil. Trans. 1813; Works **5**, 413) søgt at isolere det med Brint i Flussyre forbundne Stof og med AMPÈRE erklæret det for sandsynligt, at ogsaa dette var et Grundstof, som AMPÈRE havde foreslaaet at kalde Fluorine.

[5]) Ann. chim. **88**, 318.

[6]) Brev fra DAVY tll CUVIER (11. Dec. 1813) ibid. 322.

erklærede blot, at Ilten ikke var det eneste Syreprincip, men kun ét Led af en hel Række analoge Legemer. Det var imidlertid disse to Anskuelser, som i den følgende Tid blev Udgangspunkter for to helt forskjellige Opfattelser af Syrernes Konstitution. Men det Besynderlige sker, at det blev DAVY, som udviklede GAY-LUSSAC's Anskuelse, og GAY-LUSSAC, som forsvarede DAVY's.

Ved Begyndelsen af 1814 havde man da i Frankrig aldeles opgivet den gamle Theori. BERTHOLLET erklærede sig meget aabent for Chloret, og med Undtagelse af THÉNARD kjender jeg ingen Kemiker i Paris, som endnu holder paa den gamle Hypothese, og selv han er vaklende, skrev DAVY fra Firenze d. 18. Marts 1814[1]). I Virkeligheden gik THÉNARD endnu i 1814 over til DAVY's Lære[2]). Men BERZELIUS forsvarede endnu 1815 den gamle Opfattelse med saa stor Skarpsindighed og med saa klare Analogier, at det endnu mange Aar efter vakte H. ROSE's Beundring[3]). At Chloret, naar det ved høj Temperatur virker paa et Ilte, udvikler netop saa megen Ilt som dette indeholder, betragtede DAVY som et afgjørende Bevis for, at Ilten kom fra Iltet; men han kjendte dengang kun ufuldkomment Læren om de kemiske Proportioner, og i Kraft af denne maa Iltmængden blive den samme, selv om den hidrører fra den iltede Saltsyre. DAVY maatte selv indrømme, at Chlorets Vægtfylde og dets Evne til at forene sig med Vand til en krystallinsk Forbindelse taler for, at det er sammensat[4]). Efter den nye Theori skulde Chlorsyre indeholde 5 At. Ilt, et Forhold, som ikke kjendtes for noget andet Stof.[5]). — Chlor uddriver Ilt af Kaliumilte og maa altsaa være mere elektronegativt end Ilt, paa den anden Side forener det sig med Ilt til en Syre og er altsaa mere elektropositivt end Ilt. Enten maa derfor den nye Lære eller den elektrokemiske Theori være fejlagtig. Med Hensyn til THOMSONS Chlorsvovl $= SO, MuO_2$ synes DAVY's Lære at have et afgjort Fortrin, idet den ældre Theori heri nødes til at antage et ubekjendt Svovlilte, SO. Men BERZELIUS og MARCET[6]) havde fremstillet en Forbindelse, $CO_2, SO_2, 2MuO_2$, som den nye Lære maatte betragte som CO, SO, Cl_2, og hvori den altsaa maatte antage det selvsamme Svovlilte[7]). — At Fosforets Chlorforbindelser kunde forenes med Baser og Ammoniak, forklaredes let efter den ældre Theori, der betragtede disse Forbindelser f. Ex. som $PO_3 + 3MuO_2$[8]), medens den nye Lære maa forudsætte forskjellige Dekompositioner. — Fosgen forener sig kun direkte med Ammoniak; med alle andre Baser

---

1) Works 1.

2) THÉNARD's Traité de Chimie, Paris 1814, 8°, 2, 745 („Addition").

3) H. ROSE: Gedächtnissrede auf Berzelius 3 Juli 1851, Berlin, 1852, 4°, S. 39.

4) DAVY's Elements of Ch. Philos. (Works 4, 177).

5) BERZELIUS antog dengang (Afh. i Fys., Kemi och Min. 5, 131), at Salpetersyren indeholdt 6 At. Ilt, idet han betragtede Kvælstof som Nitricumilte $= nO$, hvor $n =$ Nitricum $= 28-16$; DALTON og DAVY derimod, at Salpetersyre indeholdt 5 At. Ilt.

6) Afh. i Fys., Kemi och Min. 5, 275.

7) Dengang blev Chlorets Atom ikke delt. Forbindelsen kjendtes i øvrigt ikke nøjere (se Berz. Lärbok, 2. Uppl. 1817, 1, 503); den er Chloridet af Trichlormethylsulfonsyre (KOLBE: Ann. Pharm. 54, 148; 1845).

8) Heller ikke Fosforets Atom blev dengang delt.

spaltes det og danner efter den nye Hypothese Blandinger af Chlorider og Karbonater, efter den ældre Carbomuriater, en vel karakteriseret Klasse af Forbindelser, der ogsaa kunne fremstilles paa anden Maade. — Naar der ved kemiske Processer udvikles Varme, er det altid ved en Forbindelses Dannelse, men Chlorkvælstoffet, NCl_3, skulde efter den nye Theori sønderdeles under Varmeudvikling, efter den ældre foregaaer Processen saaledes[1]): $(nO)O_3 + 3MuO_2 = nO + 3MuO_3$, Saltsyren forener sig altsaa med Salpetersyrlingens Ilt og Kvælstoffet bliver frit. — Man kunde ikke drage nogen Parallel mellem Saltsyren, Svovl- og Tellurbrinten. Thi medens Svovl- og Tellursyre ere langt stærkere Syrer end de respektive Brintforbindelser, er Chlorsyren langt svagere end Saltsyre. Desuden omsætter Svovl- og Tellurkalium sig med Vand under Varmeudvikling. Naar nu Chlorkalium opløses i Vand, skulde Kalium forene sig med Ilt, Chlor med Brint og det dannede Kali med den dannede Saltsyre: der maatte altsaa finde en stærk Varmeudvikling Sted, men der bindes tvertimod Varme, som saa hyppigt, naar Salte ligefrem opløse sig i Vand. — Magnium er det eneste Stof, som baade har et Chlorid og et saltsurt Salt, i Stedet for, at denne Forskjel burde vise sig ved alle Metaller. Men i Almindelighed er der ingen anden Forskjel end den, der sædvanlig findes mellem Salte uden og med Krystalvand. — Berzelius havde tidligere[2]) paavist en Lov for Forbindelser af Ilter, i Følge hvilken Iltmængden i et af Ilterne er Enhed, og Iltmængden i de andre enten er lig denne eller et helt Multiplum deraf. Dette stemmer ogsaa med den ældre Theoris Betragtning af det basiske saltsure Blyilte (MuO_2, Pb_2O_4, $4H_2O$[3]) og den tilsvarende Kobberforbindelse, men ikke med den nye Lære, som gjør disse Forbindelser enten til ClH_2, $2PbO_2$, $3H_2O$ eller til $ClPb^1_2$, $Pb^3_2O_3$, $4H_2O$, hvori altsaa Metaliltets Ilt er enten $1^1/_3$ eller $^3/_4$ af Vandets. Dette Argument havde Berzelius udviklet for de engelske Kemikere i et Brev til Marcet[4]) og støttet derpaa stærkt fremhævet Modsætningen mellem den nye Theori og Læren om de kemiske Proportioner. Davy svarede herpaa saaledes: „I can not regard these arguments as possessing any weight .... there is no general canon with respect to the multiples of proportions in which different bodies combine“[5]). Men hertil bemærkede Berzelius: „Att afgöra frågan så som Davy, kallar jag att vilja bevisa med öfverlägsenhet; men då jag, å ena sidan, med vördnad erkänner öfverlägsenheten, måste jag likväl, å den andra, på det allvarligste bestrida dess kraft såsom vetenskapligt bevis“[6]). — Efter Jodets ydre Egenskaber betragtede man det strax som usammensat. Man lagde ikke Mærke til, at ligesaa meget som den nye Theori vandt ved Opdagelsen af et med Chlor analogt

[1]) Sml. S. 85, Anm. 5.

[2]) Afh. i Fysik, Kemi och Min. **5**, 194.

[3]) Dengang blev Metallernes Atomer regnede dobbelt saa store som senere. Svovlsurt Natron var NaO_2, $2SO_3$, Chlorbly $PbCl_2$ (idet Chlorets Atom ikke blev delt) eller PbO_2, $2MuO_2$, Saltsyre $= ClH_2 = H_2O, MuO_2$. Sml. Berzelius' Vers. über die chem. Proportionen, 1819.

[4]) Thomson's Ann. of Phl. **2**, 254 (1813).

[5]) Phil. Trans. 1814 (Works **5**, 434).

[6]) Afh. i Fys. Kemi och Min. **5**, 355—356.

Stof, ligesaa meget vandt den gamle ved Opdagelsen af en ny iltet Syre, der var analog med iltet Saltsyre. Iøvrigt har Jodet i sit Ydre størst Lighed med krystalliseret Manganoverilte, og luftformigt Chlor og Jod ligner nærmest Salpetersyrling. 1806 kunde en Kemiker, støttet paa de samme Grunde, som Davy anfører for, at Chloret er usammensat, have paastaaet, at Alkalierne vare usammensatte, og dog vilde han have taget fejl: „Hvem kan nu i förhand beräkna verkningerna t. ex. af ett 100parigt batteri, hvar hvart par har 100 fots vida?“ Siden Davy opdagede, at Alkalierne og de alkaliske Jordarter vare sammensatte Legemer, slutte vi, at det samme er Tilfældet med Lerjord, Ytterjord, Beryl- og Zirkonjord, skjøndt det endnu ikke er experimentelt bevist. Er der mindre Grund til af den store Lighed, vi finde mellem Saltsyre, Fluorets og Jodets Brintforbindelser paa den ene Side og Svovl-, Salpeter- og Arseniksyre paa den anden, at slutte, at de første lige saa vel som de sidste indeholde Ilt? — „Jag skal anse mig öfverbevist om den äldre lärans origtighet då ni kan framlägga ett didhörande fenomen, som den ej kan förklara consequent med den öfriga kemiska theorien, men jag skal icke förklara mig för den nya lärans anhängare förr, än denna lära blifvit consequent med den nya kemiska theori, som måste uppgöras på ruinerne af den hon störtat; ty jag fordrar af hvarje enskild sats, att den måste öfverensstämma med den öfriga kemiska lärbyggnaden, så at den kan införlifvas dermed“ [1]).

Men saa betydningsfulde disse Indvendinger end vare, formaaede de ikke at rokke den nye Lære, som med stedse voxende Kraft gjorde sig gjældende. Allerede i Foraaret 1816 imødegik Suchomlinov Berzelius's Afhandling i et større Arbejde [2]), som indeholder mange træffende Bemærkninger. At Chlorsyren indeholder 5 At. Ilt, kan ikke med Rette gjælde som en Indvending mod den nye Lære, saa længe Aarsagen til de bestemte Forhold, hvori Stofferne forene sig, endnu er ubekjendt. Suchomlinov kunde have tilføjet, at Berzelius' Antagelse, at Salpetersyren indeholdt 6 At. Ilt, beroede paa hans Hypothese om, at Kvælstoffet var iltholdigt, en Mening, som langtfra havde fundet almindelig Tilslutning. At Chlor skulde være mere elektronegativt end Ilt, fordi det uddriver denne af Kaliumoxyd, kan ikke siges at stride mod de elektrokemiske Grundsætninger: saa maatte Kalium ogsaa være mere elektropositivt end Brint, fordi det uddriver Brint af Vand. Derimod frembyder Saltsyrens Sammensætning efter den ældre Theori en væsentlig Uklarhed. Efter den elektrokemiske Theori maa Saltsyrens Radikal være temmelig elektronegativt, siden det paa sit første Iltningstrin danner en stærk Syre. Berzelius stiller det selv efter Svovl og Fosfor. Saltsyrens Bestanddele, Murium og Ilt, maa derfor være bundne ved en svag Affinitet, men dette stemmer ikke med, at den ikke kan sønderdeles selv ved de stærkeste Midler. — Fosgen kan efter den nye Theori opfattes som en Forbindelse af 2 positive og 1 negativt Stof eller som en Forbindelse af 2 negative og 1 positivt Stof. Thi Chlor og Kulstof ere begge positive overfor Ilt, og Chlor

[1]) Ibid. **5**, 279—378; først trykt i Gilb. Ann. **50**. 356, Aug. 1815.

[2]) Gilb. Ann. **57**, 214—295.

og Ilt begge negative overfor Kulstof. Ganske paa samme Maade er Forholdet ved alle andre Forbindelser af 3 Stoffer, f. Ex. Forbindelserne af Ilt, Kulstof og Brint, idet de to første ere negative overfor Brint, og Brint og Kulstof positive overfor Ilt. GIESE, paa hvis Foranledning SUCHOMLINOV skrev sin Afhandling, mener endogsaa, at mange Plantesyrers sure Egenskaber hidrøre fra Kulstoffet[1]). Naar Fosgen sønderdeles af Iltbaser, dannes ligefrem Chlormetaller og kulsure Salte, kun med Ammoniak, som ikke indeholder Ilt, opstaaer et ejendommeligt Salt. Men overfor Metaller viser Fosgen Forhold, der slet ikke stemme med den ældre Lære, at det skulde være en Forbindelse af vandfri Saltsyre og Kulsyre. Det sønderdeles nemlig let af Zink, Tin og Antimon under Dannelse af Chlormetaller og Kulilte; herefter maatte disse Metaller let afilte Kulsyren; ja selv ved Behandling med Antimonilte giver Fosgen Antimonsmør, Kulilte og et højere Antimonilte [$4Sb_2O_3 + 3COCl_2 = 2SbCl_3 + 3CO + 6SbO_2$]. Her skulde altsaa efter den ældre Theori Kulsyre endog reduceres af Antimonilte. — SUCHOMLINOV fremhæver stærkt Chlormetallernes store Analogi med Svovlmetallerne. Chlor og Svovl ere begge elektronegative, men Chlor i langt højere Grad end Svovl. Begge forene sig med Brint til Brintsyrer, som begge ved Indvirkning af flere Metaller udvikle Brint. Med visse iltholdige Stoffer, f. Ex. Brunsten, Salpetersyre danner Chlorbrinte Vand og Chlor, Svovlbrinte sønderdeles endnu lettere paa samme Maade. Saltsyre og Chlorilter dekomponere hinanden gjensidig under Dannelse af Vand, medens Chloret baade af Chlorbrinten og Chloriltet bliver frit. Svovlbrinte og Svovlsyrling forholde sig paa samme Maade. Chlormetaller sønderdeles af Vand til saltsure Metalilter, idet Chloret forener sig med Vandets Brint, Metallet med dets Ilt, flere Svovlmetaller danne ganske analogt svovlbrintesure Salte. I begge Grupper er der dog mange, hvor denne Proces ikke finder Sted, navnlig de uopløselige. De saltsure Salte afgive ofte ved Ophedning Vand under Dannelse af Chlormetaller; det samme er Tilfældet med adskillige svovlbrintesure Salte, hvorved der dannes Svovlmetaller, dog ikke med de svovlbrintesure Alkalier. Dog giver Baryt ved Glødning i Svovlbrinte Vand og Svovlbaryum. Baade Chlor og Svovl opløse sig i Alkalier under samtidig Dannelse af Chlor- eller Svovlmetaller og Alkalisalte af Chlorets eller Svovlets Iltsyrer. Medens der saaledes paa alle Punkter er den største Lighed mellem Chlor- og Svovlmetaller, spørger SUCHOMLINOV, hvor den af BERZELIUS saa stærkt fremhævede Lighed mellem Chlormetaller og Salte af Iltsyrer findes. Tvertimod vise Chlormetallerne Egenskaber, som aldrig ere sete hos Saltene. I Tinchlorid opløses Svovl og Fosfor ligesom i Olier, i Chlorarsen og Chlorantimon ligeledes. Smeltet Chlorsølv opløser endogsaa Sølv. Kun efter at Chlormetallerne ere opløste i Vand og omdannede til saltsure Salte, fremtræder Ligheden med Salte af Iltsyrer. Naar BERZELIUS mener, at Chlorkalium efter den nye Lære nødvendig maatte udvikle en betydelig Varme ved Opløsning i Vand, fordi Chlor forener sig med Brint, Kalium med Ilt og Chlorbrinte med Kali, maa det erindres, at Bestanddelene af Chlorkalium ere forbundne ved en saa stærk Affinitet, at den ikke

[1]) Denne Ide hidrører forresten ikke fra GIESE, men fra GAY-LUSSAC (Ann. Chim. **91**, 148 [1814]).

giver Tiltrækningen til Vandets Bestanddele noget efter, saa at der i Virkeligheden maaske kun udvikles en ringe Varme, som overtræffes af den ved Opløsning af det dannede Salt frembragte Kulde. — Naar BERZELIUS spørger, hvorfor de virkelige saltsure Salte efter den nye Lære ere saa faa og kun kjendes af svage Baser som Magnesia, Lerjord og Zirkonjord, saa løbe begge Spørgsmaal i Virkeligheden ud paa, hvorfor hine saltsure Salte ikke kunne omdannes til Chlormetaller; thi den nye Lære antager jo saltsure Salte i alle Chlormetallers vandige Opløsninger. Svaret er, at disse svage Baser er dem, der vanskeligst reduceres og derfor ikke forandres ved den samlede Virkning af Chloret paa Metallet og af Brinten paa Ilten. Paa lignende Maade omdannes vel Metallernes svovlbrintesure Salte til Svovlmetaller, men de svovlbrintesure Salte af Alkalier og Jordarter ikke, fordi deres Metaller have saa stærk Tiltrækning til Ilt. — De basiske saltsure Salte (sml. ovenfor S. 86) forklarer SUCHOMLINOV som neutrale Salte + Metaliltehydrater, altsaa f. Ex. $ClH_2, Pb\frac{1}{2}O + 3(Pb\frac{1}{2}O, H_2O)$, men nødes dervéd til enten at halvere Metallets Atom eller at fordoble Saltets Formel, hvilket BERZELIUS dog allerede havde advaret imod, fordi det ved saadanne vilkaarlige Multiplikationer vilde blive umuligt ved Forsøg at komme til Kundskab om de kemiske Proportioner[1]. — Som de vigtigste Indvendinger mod den gamle Theori betragter SUCHOMLINOV det, at det er ganske uforstaaeligt, hvorledes en saadan Forbindelse af et svagt elektropositivt Legeme med Ilt, som Saltsyren skulde være, kan modstaa samtidig Indvirkning af stærke Elektriciteter og et mere positivt Stof (nemlig Elektricering af Kul i Chlor), og Analogien mellem Chlor og Svovl, thi alle de samme Argumenter, der anføres for, at Chlor skulde være et sammensat Stof, vilde ogsaa kunne anvendes til at bevise, at Svovl var et Overilte. SUCHOMLINOV's Afhandling var vel affattet i Foraaret 1816, men blev først almindelig bekjendt i Nov. 1817 og har derfor neppe faaet større Indflydelse.

Af langt større Betydning blev det, at GAY-LUSSAC allerede i 1815 undersøgte Blaasyren, faststillede dens kvantitative Sammensætning og isolerede Cyanet. Her havde man en Syre, der i alle Henseender viste den største Analogi med Chlor- og Jodbrinte, dens Radikal forbandt sig med Kalium, og den dannede Forbindelse var fuldkommen analog med Chlor- og Jodkalium. Om denne Syre var det vist, at den ikke indeholdt Ilt, og Analogien talte da stærkt for, at det samme var Tilfældet med Chlor og Jodbrinte. Forskjellen var kun, at Cyanbrintens Radikal var sammensat, medens Chlor og Jod ere usammensatte: „Ses propriétés acidifiantes ne peuvent dépendre de l'hydrogène, qui est très alcalifiant" (siger GAY-LUSSAC[2]) her i besynderlig Modsætning til sine Udtalelser i 1813[3])), „mais bien du carbone et de l'azote. On doit le considérer comme un véritable hydracide dans lequel le carbone et l'azote remplacent le chlore dans l'acide hydrochlorique, l'iode dans l'acide hydriodique et le soufre dans l'acide hydrosulfurique."

[1]) Afh. i Fys., Kemi och Min. **5**, 353.

[2]) Ann. chim. **95**, 155 (1815).

[3]) Se ovenfor S. 84.

Berzelius lod sig imidlertid ikke overtale ved den nye Læres Argumenter. 1818 opdagede han Selenet, der stod i samme Forhold til Svovl som Jod til Chlor, og søgte da paa ny at paavise, at den Analogi, hans Modstandere drog mellem Chlor og Jod paa den ene, Svovl (og Selen) paa den anden Side, for en nærmere Betragtning aldeles forsvandt. Svovl og Selen danne Forbindelser med Metaller, som for største Delen have et metallisk Ydre, og hvori Metallerne bevare deres Brændbarhed. Svovl- og Selenkalium og -Natrium dekomponere Vand og danne svovl- og selenbrintesure Alkalier. Ogsaa Chlor og Jod forene sig med Metaller, men Forbindelserne have Karakter af vandfri Iltsyresalte, og selv de brændbareste Metaller have i disse Forbindelser aldeles mistet deres Brændbarhed. Chlorkalium og Jodkalium sønderdele ikke Vand, medens dette er Tilfældet med Chloriderne af Kobber, Tin og Guld og mange andre tunge Metaller. Svovl, Selen og Tellur danne med Brint luftformige, meget svage Syrer, som med Alkalier o. l. danne Salte, der have samme Lugt og Smag som Syrerne, og som ikke kunne neutralisere Alkalierne saaledes, at deres alkaliske Reaktion ophører. Man maa derfor antage, at den hepatiske Lugt og Smag, som findes baade hos Svovl-, Selen- og Tellurbrinte og deres Forbindelser med Alkalier, er noget, som karakteriserer Brintsyrerne („om jag får bruka detta ord") og deres Alkalisalte, medens den sure Smag kjendetegner Iltsyrer og den salte disses Alkalisalte. Chlor- og Jodbrinte ere stærke Syrer af ren og skarp sur Smag, og som have den besynderlige Egenskab, at deres Brint reducerer Alkalier under Dannelse af Forbindelser, som ganske have Karakter af Salte af Iltsyrer og have en ren, salt Smag. Derimod reducere de ikke Kobber- og Vismutilte, men forene sig uforandret med dem: „Analogien af selenium och svafvel med chlorine og iodine är således ingen, om den icke består deri att de ära af alldeles motsatte egenskaper" [1]).

Samme Aar mente A. Ure[2]) at have bevist, at Chlor indeholder Ilt, idet han havde faaet en kjendelig Mængde Vand ved at lede tør Salmiakdamp over glødende Jerndrejespaan. Men Davy og Faraday[3]) viste snart efter, at Vandet hidrørte fra, at Brinten fra Saltsyrens og Ammoniakens Sønderdeling virkede paa Glassets Blyilte og Alkali.

Endnu i 1819 betragter Berzelius Chlor og Jod som sammensatte[4]), men fra nu af hælder han mere og mere til den nye Anskuelse. Allerede samme Aar slutter han af sine Undersøgelser over Ferrocyanforbindelser, at det ikke kan undgaa Læserens Opmærksomhed, at Cyanets og Blaasyrens Forhold „till alla delar låta förklara sig" i Analogi med den Theori, som Gay-Lussac og Thénard have fremsat om Saltsyrens og den iltede Saltsyres Forbindelser, og som siden yderligere er udviklet af dem og Davy, og denne Overensstemmelse skal uden Tvivl af mange betragtes som et yderligere Bevis paa Rigtigheden af den nyere Theoris Anvendelse

---

[1]) Afh. i Fys., Kemi och Min. **6**, 130 (1818).

[2]) Trans. of the R. Soc. of Edinburgh **8**, 329 (1818).

[3]) Phil. Trans. 1818 (Works **5**, 524).

[4]) Vers. über chem. Proport. S. 131.

paa Saltsyre[1]). Aaret efter siger han i Anledning af sine Undersøgelser over Sulfocyansyre, at alle Forhold vedrørende den Syre og Blaasyre „kunna förklaras endast efter den theori, man i sednare tider uppgjort för saltsyran, der syrsatt saltsyregaz betraktas såsom en enkelt kropp", og at de Sønderdelinger og Gjendannelser af Vand, hvis Antagelse han og flere andre Kemikere havde anset som en stor Mangel ved denne Theori, virkelig maa finde Sted og lade sig bevise[2]). 1821 undersøgte BERZELIUS Chlorsvovlforbindelsernes Forhold, som jeg nedenfor skal komme nærmere ind paa, og finder, at disse sammenlagt med de jernholdige blaasure Saltes Natur, „gifva ett ganska betydligt stöd åt de nya åsigterna af saltsyran, emedan de alla måste förklaras efter en theoretisk åsigt, fullkomman likartad med DAVY's, GAY-LUSSAC's og THÉNARD's idér om saltsyrans sammensättning"[3]). Samme Aar fremkom flere Undersøgelser, som bringe ham til at udtale sig ligesaa bestemt. A. VOGEL undersøgte kold koncentreret Svovlsyres Forhold til saltsure Metalsalte[4]). Indeholdt disse virkelig Saltsyre og et Metalilte, skulde de alle dekomponeres af Svovlsyren under Udvikling af Saltsyreluft. I modsat Fald maatte, for at Dekompositionen skulde ske, Metallet iltes af Svovlsyrens Vand og dettes Brint forene sig med Chloret til Saltsyre. Det viste sig, at Chloriderne af alle Metaller, som opløses i fortyndede Syrer under Brintudvikling, sønderdeles af kold koncentreret Svovlsyre under Udvikling af Chlorbrinte, men de, hvis Metaller ikke kunne dekomponere Vand, dekomponeredes heller ikke af kold Svovlsyre: „Desse försök hafva slagit ut helt och hållet till fördel för den nyare Theorien"[5]). Og da FARADAY samme Aar havde opdaget Kulstoftrichlorid[6]), som efter den gamle Theori skulde bestaa af 3 At. vandfri Saltsyre og 1 At. vandfri Oxalsyre, erklærede BERZELIUS sig ganske afgjort for DAVY's Anskuelse, „ty visserligen er det svärt att, i den äldre theorien, inse hvarföre tvenna så starka syror, med så stort begär efter vatten, skola vara deri olösliga och genom sin inbördes förening upphäfva hvarandras frändskap till saltbaser"[7]). Ogsaa L. GMELIN's Opdagelse af Ferridcyankalium[8]) 1822 var ham et slaaende Bevis for den nye Læres Fortrin. Jernchloridets og andre Jerntveiltesaltes røde Farve havde han altid anset som Bevis paa, at disse Forbindelser indeholdt Jerntveilte, hvis „färg så till sägandes lyser igenom syran". Men her forelaa et vandfrit og iltfrit Salt, som alligevel var rødt og som paa 1 At. Jern indeholdt 3 At. Cyan. Det synes da klart, at 1 At. Jern med 3 At. Ilt, Chlor, Jod, Cyan, Sulfocyan og maaske endnu flere Stoffer danner røde Forbindelser: „Dessa omständigheter vederlägga de inkast jag själf gjort mot läran om chlor såsom enkel Kropp"[9]).

---

1) K. Vetensk. Akad. Handlingar, 1819, S. 274.
2) Ibid. 1820, S. 92—93.
3) Ibid. 1821, 80; Berz. Årsberättelse 1822, S. 79f.
4) Schweigg. J. **32**, 51 (1821).
5) Berz. Årsber. 1822, 87.
6) Phil. Trans. 1821, S. 1.
7) Berz. Årsber. 1822, 68.
8) Schweigg. J. 34, 325.
9) Berz. Årsber. 1823, 106.

Saaledes havde den nye Lære om Chlor som Element vundet en fuldstændig Sejr, men tillige var den sidste Skranke falden, som endnu havde adskilt Syrer fra andre Forbindelser. Le principe acidifiant fandtes hos nogle Syrer, men manglede hos andre. Man havde faaet Salte, der som Kogsaltet hverken indeholdt Syre eller Base. Man havde seet neutrale Legemer som Jod forvandle sig til Syrer ved at forene sig med Brint, medens Syreprincipet selv kun dannede en neutral Forbindelse dermed. Det var kort sagt blevet aldeles umuligt at definere en Syre. „Un acide n'est pas pour moi qu'un corps qui neutralise l'alcalinité, et un alcali n'est égalément qu'un corps quelconque qui neutralise l'acidité", saa Gay-Lussac sig i 1814 nødt til at erklære[1]). At Ilt ikke var Syreprincip, var klart. Men hermed vare Vanskelighederne ikke hævede. Skjøndt man maatte antage, at Ilt var mere elektronegativt end Chlor, var Brintens Iltforbindelse neutral, dens Chlorforbindelse en stærk Syre. Kaliums Iltforbindelse var den stærkeste Base, dets Chlorforbindelse et fuldkommen neutralt Legeme. Skjøndt Chlorkobolt f. Ex. i Opløsning forholdt sig ganske som Salte af Koboltilte og gav samme Reaktion som disse, maatte det i fast Tilstand have en ganske forskjellig Konstitution. Disse og lignende Vanskeligheder frembøde sig paa ethvert Punkt, og man forsøgte paa forskjellig Maade at hæve dem. Det var klart, at man konseqvent kunde gaa to Veje: 1° Man kunde opstille Chlor, (Brom), Jod, Ilt, Svovl, Selen og Tellur som en hel Klasse af principes acidifiants. Fosfortrichlorid, Fosforpentachlorid, Tintetrachlorid bleve da at betragte som Syrer, Chlorkalium, Jodkalium osv. som Baser. Men da disse Forbindelser i det mindste i Opløsning reagerede neutralt og forholdt sig som Salte af Iltbaser, kunde man antage, at disse Forbindelser sønderdelte Vand, og at Chlorkalium f. Ex. i Opløsning var saltsurt Kali. — 2° Man kunde betragte alle Syrer som Brintsyrer, altsaa Svovlsyre f. Ex. som $H_2 + SO_4$ analog med Saltsyre. Begge disse Veje bleve forsøgte, men det vil ikke være muligt i den historiske Fremstilling at holde dem skarpt ud fra hinanden, fordi Diskussionen om dem er sammenknyttet med saa mange Baand.

Ovenfor have vi set, hvorledes det var Davy, som endnu i 1813 havde antaget den første Betragtningsmaade, medens Gay-Lussac samtidig hævdede den sidste. Men allerede 1814 havde de byttet Roller, som det af det følgende vil blive klart. I sin store Afhandling om Jodet betragtede Gay-Lussac dette som et Grundstof, analogt med Chlor og Svovl. Men han førte denne Analogislutning videre: „Je ne balance pas à classer l'azote avec l'oxygène, l'iode, le chlore et le soufre"[2]). Som Grunde for denne besynderlige Sammenstilling, hvorved Kvælstof kom til at figurere som Syredanner ved Siden af Ilten, anførte Gay-Lussac følgende. Davy havde af fortyndet Saltsyre og Kaliumchlorat faaet dannet en gul Luftart, som han havde fundet sammensat af 2 Rumfang Chlor og 1 Rf. Ilt, og kaldet Euchlorine[3]). Den var neutral ligesom Kvælstofforilte og sammensat i samme Rumfangsforhold. For

[1]) Ann. chim. **91**, 145.
[2]) Ibid. S. 94.
[3]) Phil. Trans. 1811 (Works **5**, 349).

at imødegaa DAVY's dristige Anskuelser om de chlorsure Salte (se nedenfor S. 94) havde GAY-LUSSAC selv fremstillet Chlorsyre[1]), som efter sin Sammensætning i disse bestod af 1 Rf. Chlor + 2,5 Rf. Ilt ligesom Salpetersyre i de salpetersure Salte indeholdt 1 Rf. Kvælstof + 2,5 Rf. Ilt, og han ansaa det for sandsynligt, at der ogsaa existerede en Syre af 1 Rf. Chlor og 1,5 Rf. Ilt, svarende til Salpetersyrlingen. Og da et syredannende Stof som Ilt jo ogsaa ved at forene sig med alkalidannende Stoffer som Metaller kunde danne Alkalier, betragtede GAY-LUSSAC Ammoniak som et Alkali, „dans lequel l'azote fait la fonction de l'oxygène dans les autres alcalis" [2]). Ogsaa Kulstof regner han til de syredannende Stoffer. Vel ere enkelte Plantesyrer f. Ex. Oxalsyre saa rige paa Ilt, at denne maa betragtes som det Stof, der giver dem Karakter af Syrer. Men i Citronsyre, Slimsyre og Eddikesyre (hvilken sidste [som Anhydrid] indeholder omtrent lige meget Kulstof og Vand) hidrøre de sure Egenskaber fra Kulstoffet, i Benzoesyren fra Kulstof og Brint[3]). Man ser heraf, hvor usikker man var blevet med Hensyn til Syreprincipet, og hvilket Oprør Striden om Chloret havde frembragt i alle theoretiske Betragtninger. GAY-LUSSAC ansaa vel Ilten for „la principale substance acidifiante", men mente dog, at Chloret burde stilles foran Ilten „pour l'énergie de ses propriétés", og at Fluor igjen burde staa foran Chloret[4]). At det syredannende Stofs Mængde i en Syre ikke har Indflydelse paa dens Evne til at mætte Baser, følger af, at 1 Molekule af en Syre altid mætter 1 Mol. Base. Som Exempler nævner han Fosforsyrling og Fosforsyre, Svovlsyrling og Svovlsyre, Salpetersyrling og Salpetersyre, Chlorsyre og Chlorbrinte, „quoicque d'ailleurs le caractère de ce dernier soit bien plutôt alcalin qu'acide" [5]). Det maa her erindres, at man dengang ikke kendte flerbasiske Syrer eller rettere, at dette Begreb slet ikke var fremkommet; derimod kjendte man flersyrede Baser, og for at forklare, at disse forene sig med flere Mol. Syre, antog GAY-LUSSAC „que le nombre des molécules de l'oxyde augmente, en recevant une nouvelle quantité d'oxygène" [6]). — Hvad Chlormetallerne angaaer, da var det neutrale Forbindelser, som havde mest Lighed med Salte. De forholdt sig i saa Henseende som Vand: i dette var nemlig Iltens sure Egenskaber neutraliserede af Brintens alkaliske. I vandig Opløsning vare de derimod at betragte som saltsure Metalilter. Vel var det tilstrækkeligt at lade Hydrochloraterne af Kali, Natron og Baryt krystallisere for at omdanne dem til Chlorider. Men dette gjaldt ikke for saltsur Kalk og saltsur Magnesia, som begge behøvede en høj Temperatur for at dekomponeres, det første til Chlorid, det sidste endog til Metalilte. Under visse Omstændigheder sønderdeles og gjendannes Vandet ved de samme svage Kræfter, som bestemme Saltenes Dobbeltdekomposition. Hvad de Temperaturforandringer angaaer, som en saadan Proces

[1]) Ann. Chim. **91**, 607 f.
[2]) Ibid. 159.
[3]) Ibid. 148—149.
[4]) Ibid. 117.
[5]) Ibid. 141.
[6]) Ibid. 140.

skulde fremkalde, ere de et Resultat af modsatte Virkninger, som det er vanskeligt at holde Regnskab med. Man ser ogsaa, at medens Chlornatrium ved sin Opløsning i Vand nedsætter Temperaturen et Par Grader, stiger denne over 60°, naar man opløser Chlorcalcium i Vand. Som yderligere Støtte for denne Anskuelse fremhævede CHEVREUL, at de vandfri Chlorider af Jern, Kobolt, Nikkel og Kobber havde Farver, der vare ganske forskjellige fra dem, de fik i vandig Opløsning, hvor Farverne ganske stemte med dem, disse Metallers Iltsyresalte viste[1]).

R. PHILLIPS[2]) gjorde noget senere opmærksom paa, at i flere Tilfælde, som naar Chlorvismut og Chlorantimon behandledes med Vand, kunde der jo ingen Tvivl være om, at Chloriderne sønderdeltes, eftersom Ilterne udskiltes under Dannelse af Saltsyre. Fremdeles, at naar Chloriderne vare tilstede som saadanne i deres vandige Opløsning, maatte man ved Fældning af Chlorbaryum med svovlsurt Natron i samme Øjeblik antage en Vanddekomposition ved, at Chlorbaryum omdannedes til Baryt og Saltsyre, og en Vanddannelse ved, at det saltsure Natron dannede Chlornatrium. Og endelig, at naar man opløste Jern i fortyndet Svovlsyre og i Saltsyre, maatte man enten antage, at det i første Tilfælde var Vandet, i sidste Chlorbrinten, som sønderdeltes, og saaledes forklare to aldeles analoge Processer paa ganske forskjellig Maade, eller man maatte antage, at det i begge Tilfælde var Vandet, som sønderdeltes, men i saa Fald maatte dette, naar Jernet opløstes i Saltsyre, samtidig sønderdeles og dannes, nemlig ved, at det saltsure Jernoxydul omdannedes til Chlorjern (se ogsaa nedenfor S. 106 f.).

Som man ser, beroede denne Anskuelse i Grunden paa en helt ejendommelig Opfattelse af Brintsyrerne. Disse maatte betragtes som analoge med deres Salte og Saltsyre f. Ex. i Opløsning være $H_2O - H_2Cl$. GAY-LUSSAC opfattede i Virkeligheden Brintsyrernes Opløsninger saaledes: „L'acide hydrochlorique et l'acide hydriodique une fois combinés avec l'eau, ne peuvent plus en être separés qu'au moyen des bases“[3]). Men i denne Aand bliver de sure Chloriders Theori først langt senere konseqvent udviklet.

DAVY gik ud fra helt andre Betragtninger og ledede Diskussionen om Syrernes Konstitution ind i et helt nyt Spor. Allerede 1810 i sin første Afhandling om Chloret som Element[4]) betegnede han Kaliumchlorat som, „a triple compound of oxymuriatic acid, potassium and oxygen“. Vi have ikke Ret, siger han, til at antage en særlig Syre i dette Salt, og det er maaske mere stemmende med kemisk Analogi at antage den store Iltmængde deri forbunden med Kalium end med Chlor, der, saavidt vides, ikke har nogen Affinitet til Ilt. Og da GAY-LUSSAC og THÉNARD[5]) samme Aar havde opdaget Kaliumoverilte, som efter deres Analyse indeholdt 3 Gange saa meget Ilt som Kali, antog han, at Kalium vel, naar det fuldt blev mættet med Ilt, kunde optage

[1]) Ann. chim. **95**, 308.
[2]) Ann. of Phil. [2] **1**, 27 (1821).
[3]) Ann. chim. phys. **1**, 166 (1816).
[4]) Phil. Trans. 1810 (Works **5**, 295).
[5]) Rech. phys. chim. **1**.

6 Atomer, og at Kaliumchlorat, som ogsaa indeholdt 6 At. Ilt, var en Forbindelse af $Cl + KO_6$ [1]). Senere, da han havde opdaget Euchlorine, mente han, at denne Luftart „is probably combined with the peroxide of potassium in the hyper-oxymuriate“ [2]). Gay-Lussac imødegik disse Ideer ved at fremstille Chlorsyren i vandig Opløsning [3]) og sluttede, at Kaliumchlorat var sammensat aldeles analogt med de andre Iltsyresalte af en Syre ClO_5 og en Base KO. Men Davy hævdede bestandig, at de chlorsure og jodsure Salte vare „triple compounds“, og at de forholdt sig ganske anderledes end alle andre Iltsyresalte. De mistede ved Ophedning 6 At. Ilt og bevarede ikke desto mindre deres neutrale Karakter uforandret. Han fremstillede Jodsyreanhydrid (af Euchlorine og Jod), paaviste, at det dannede krystallinske Forbindelser med flere Syrer og udtalte sig sluttelig saaledes derom: „I am desirous of marking the acid character of oxyiodine [Jodsyreanhydrid] combined with water, without applying the name acid for the anhydrous solid. It is not at all improbable that the action of the hydrogen in the combined water is connected with the acid properties of the compound; for this acid may be regarded as a triple combination of iodine, hydrogen, and oxygen, an oxyiode (Jodat) of hydrogen, and it is possible that the hydrogen may act the same part in giving character, that potassium sodium, or the metallic bases perform in the oxyiodes (Jodaterne); and as hydrogen combined with iodine forms a very strong acid, and as this acid would remain, supposing all the oxygen to be taken away from the oxyiodic acid (Jodsyre) it is a fair supposition that the elements must have an influence in producing the acidity of the substances“ [4]). — Faa Dage efter opdagede Davy Chloroverilte ClO_4 [5]) og fandt, at denne Forbindelse, skjøndt den indeholdt 4 At. Ilt, ikke var en Syre. Det blev derfor meget sandsynligt, at Gay-Lussac's Chlorsyre „owes its acid powers to combined hydrogen“, og at den er analog med de andre chlorsure Salte, som ere „triple compounds of inflammable bases, chlorine and oxygen“. Men endnu tydeligere præciserer han sine Anskuelser saaledes: „Till a pure combination of chlorine and oxygen is obtained, possessed of acid properties, we have no right to say that chlorine is capable of being acidifyed by oxygen, and that an acid compound exists in the hyperoxymuriates“. Vi vide med Sikkerhed, at Chlor kan omdannes til en Syre ved Brint, „and when this principle exists, its energies ought not be overlooked — and all the new facts confirm, that acidity does not depend upon a peculiar elementary substance, but upon peculiar combinations of various substances“ [6]). Davy forkaster altsaa bestemt „principium aciditatis“ i Form af bestemte Stoffer, men han gaaer endnu videre, han bryder med Dualismen og erklærer de chlor- og jodsure Salte for ternære Forbindelser. Dette

---

[1]) Phil. Trans. 1811 (Works **5**, 330).
[2]) Ib. 1811 (Works **5**, 356).
[3]) Ann. chim. **91**, 105 ff. (1814).
[4]) Af et Brev, dat. Rom, 10. Febr. 1815; Phil. Trans. 1815, S. 212 (Works **5**, 512).
[5]) Sml. S. 85, Note 7.
[6]) Af et Brev fra Rom, dat. 15. Febr. 1815; Phil. Trans. 1815, S. 218 (Works **5**, 507—508).

sidste Punkt kunde dog dengang ingen Tilslutning finde, og da han blot anvendte sin Betragtningsmaade paa disse Forbindelser, har han næppe tænkt sig den gjennemført for alle Salte, hvad imidlertid Yttringer i det foregaaende og især i det følgende kunde friste til at antage.

De Anskuelser, DAVY havde fremsat om Brintens Rolle i Syrerne, bleve langt mere konseqvent udviklede af DULONG. Han indsaa utvivlsomt, at ad denne Vej kunde den Spaltning og Disharmoni opløses, som siden Chloret blev Element, havde sønderdelt en af de, trods alt, bedst karakteriserede Grupper af kemiske Forbindelser. I Slutningen af 1815 undersøgte han adskillige oxalsure Salte og fandt, at mange Oxalater afgive deres Vand ved Opvarmning, Bly- og Zinksaltene f. Ex., medens Baryt-, Strontian- og Kalksaltene beholdt deres Vand langt over 100°. Disse Forhold kunde forklares paa to Maader, enten ved at antage, at Oxalsyren bestaaer af Kulstof og Ilt i Forhold, der ligge mellem Kuliltens og Kulsyrens, men tillige Vand, som da nogle Oxalater afgive ved Opvarmning, medens andre beholde det, eller ved at antage, at Oxalsyre bestaaer af Kulsyre og Brint. Denne sidste skulde da med Metaliltets Ilt danne Vand, hvilket nogle Oxalater tabe ved Tørring. Herved blev da en Forbindelse af Kulsyre og Metal tilbage, som maatte siges, at være en ny Slags Forbindelser. Thi hidtil har man betragtet det som et almindeligt Princip, at Metallerne først efter at være iltede kunde danne Salte med Syrer. DULONG antager den sidste Forklaring, hvorefter de tørre Oxalater af Bly og Zink ikke ere virkelige Oxalater, men „carbides" f. Ex. $Pb + C_2O_4$, hvorimod de oxalsure Salte, som ikke afgive Vandet, skulde indeholde Oxalsyre som saadan og vilde blive at kalde Hydrokarbonater (f. Ex. $BaO + H_2C_2O_4$). Disse Forbindelser blev da analoge med MgO, H_2Cl, de første med KCl: „M. DULONG est conduit par l'analogie à des conclusions très générales, par lesquelles il fait rentrer sous les mêmes lois non seulement les acides ordinaires, mais encore les hydracides"[1].

Disse Anskuelser vandt dog idetmindste strax intet Bifald. Imod DAVY's Betragtning af Jodaterne og Chloraterne indvendte GAY-LUSSAC[2]) i Begyndelsen af 1816, at om end Alkalisaltene af disse Syrer ved Glødning efterlod Jod- og Chlormetaller, saa var dette ikke Tilfældet med Baryt-, Strontian- og Kalksaltene, thi ved Ophedning af disse bleve Ilterne tilbage. Og med Hensyn til den vigtige Rolle, DAVY tillagde Vandet i Syrerne, da var dette et aldeles neutralt Legeme og kun at betragte som Opløsningsmiddel. Da der skal lige meget Base til at neutralisere en vis Mængde Saltsyreluft som den samme Mængde vandfri Saltsyre, opløst i Vand, er det klart, at Vandet ikke forandrer Surheden. Man vil uden Tvivl indvende, at den Syre, som findes i Chlorater, Sulfater og Nitrater, ikke er den samme som i de flydende Syrer. Men man kan ikke bevise det, thi Syrernes Mætningskapacitet, det eneste Middel, vi have til at maale Aciditeten, er uafhængig af Vandet i Syrerne,

[1]) Af et Uddrag i Mem. de l'Institut de France, Années 1813, 1814, 1815, p. CXCVIII. DULONG's fuldstændige Arbejde vides ikke at være trykt. Hvor omfattende hans Ideer vare, fremgaaer dog tydeligt af GAY-LUSSAC's nedenstaaende Yttringer.

[2]) Ann. chim. phys. **1**, 157.

fordi dette Vand udskilles ved Syrernes Neutralisation med Alkalier. Naar man med Davy vilde antage, at Chlorsyrens sure Egenskaber beroede paa dens Brint, kunde man lige saa godt antage, at ogsaa Svovlsyre og Salpetersyre vare Brintsyrer, som jo ogsaa Dulong havde gjort. Men Gay-Lussac deler ikke hans Anskuelse: „Si je combine avec l'ammoniaque le gaz hydrochlorique ou sa dissolution dans l'eau, j'obtiens le même produit, et l'eau se sépare. Si je fais une combinaison semblable avec les acides chlorique, sulfurique et nitrique, aussi concentrés que possible, l'eau, ou si l'on veut les élémens de l'eau avec laquelle chaque acide est combiné, se sépareront égalément, et j'aurai des chlorates, des sulfates et des nitrates ne renfermant plus la portion d'hydrogène qui, dans l'opinion de M. Dulong, serait la cause de leurs propriétés acides. Par conséquent, les combinaisons de l'oxygène avec le chlore, le soufre et l'azote dans le chlorate, sulfate et nitrate d'ammoniaque, qui corréspondent à celle de l'hydrogène avec le chlore dans l'hydrochlorate d'ammoniaque, devraient être des espèces d'hydracides; mais cette opinion ne peut être évidemment soutenue“. Dengang opfattede man det Mol. Vand, Ammoniaksaltene af Iltsyrer indeholde, som Krystalvand, der ikke hørte med til selve Saltets Konstitution, og det er derpaa, dette Raisonnement støtter sig[1]). Gay-Lussac hævdede deuden med stor Bestemthed, at man ved Syrer maatte forstaa binære Forbindelser med sure, ved Baser binære Forbindelser med alkaliske Egenskaber og ved Salte Forbindelser af Syrer og Baser, opfattede paa denne Maade, og at det chlorsure Kali følgelig paa Grund af dets Analogi med svovls. og salpeters. Kali maatte betragtes som „une combinaison binaire formée par une molécule de potasse et une molécule d'acide chlorique“. Vilde man f. Ex. tænke sig Elementerne i svovlsur Ammoniak ordnede paa anden Maade, hvor var da Grændsen? Thi i en Forbindelse af 4 Elementer kan man foretage mange Permutationer: „En considérant les acides comme devant leurs propriétés acides à l'hydrogène combiné, ce qui est évidemment faux, puisque l'hydrogène n'existe plus dans la plupart de leurs combinaisons salines, on tombe dans un vague indefini“. Denne petitio principii er, som man seer, ikke det eneste svage Punkt i Gay-Lussac's Kritik, og den blev ogsaa Gjenstand for en meget hvas Modkritik af Davy[2]).

Davy bestrider først Gay-Lussac's Anskuelser om Brint og Metaller som alkaliserende, Chlor og Kvælstof som syredannende Principer. Gay-Lussac har herved søgt at indføre „qualitates occultas“ i Kemien og at udlede af en mysteriøs og ubegribelig Kraft, hvad der dog kun kan afhænge af et ejendommeligt „corpuscular arrangement“. Var Brint virkelig et alkaliserende Princip, maatte man undres over, at den forbunden

[1]) Allerede et Par Maaneder efter gjorde dog Ampère (Ann. chim. phys. 2, 16) opmærksom paa, at ligesom Cyan var et Stof, der, skjøndt sammensat, fungerede som et Element, saaledes burde ogsaa en Forbindelse af 1 Rf. Kvælstof og 4 Rf. Brint betragtes som et sammensat Radikal, der forbundet med 1 Rf. Chlor dannede Salmiak, ligesom 1 Rf. Ammoniak forbundet med $^1/_2$ Rf. Vanddamp, vilde være Iltet, forbundet med $^1/_2$ Rf. Svovlbrinte, Sulfuret af samme Radikal, og denne Opfattelse blev som bekjendt senere den almindelige.

[2]) Journal of Science and the Arts edited at the Royal Institution Vol. 1, art XVIII. (Works 5, 510).

med Stoffer, der i og for sig ikke ere sure, kan danne nogle af de stærkeste Syrer. Var Kvælstof et syredannende Princip, vilde det være lige saa forunderligt, at det udgjør næsten $^9/_{10}$ af det flygtige Alkalis Vægt. Desuden maatte det af Kul og Kvælstof bestaaende Cyan ved sin Forbindelse med Brint tabe, og ikke, som Gay-Lussac selv havde vist, vinde i sure Egenskaber. Det var i det hele taget umuligt at gjøre Slutninger fra Egenskaberne hos en Forbindelses Bestanddele til Forbindelsens Egenskaber. Disse sidste maa betragtes som et Resultat af de i Forbindelsen indtrædende Elementers Kombination. Naar Gay-Lussac paastaaer, at Ilt og Brint i det Forhold, hvori de danne Vand, forholde sig som passive Elementer af en Forbindelse, som et blot Opløsningsmiddel, saa er dette en ren vilkaarlig Paastand, som strider mod al kemisk Erfaring. Brint og Chlor danne en stærk Syre, Ilt og Fosfor ligeledes; bringer man derfor Fosforchlorid, der ikke virker paa Lakmuspapir, i Forbindelse med Vand, vil Opløsningen indeholde en af de stærkeste Syrer, vi kjende. Kunde fremdeles Ilt og Brint i de Forhold, hvori de danne Vand, betragtes som passive, som neutraliserende hinanden i alle de Forbindelser, hvori de indgaa, maatte næsten alle Plantesyrer betragtes som Kulstofsyrer, som, skjøndt indeholdende langt mindre Ilt end Kulsyre, mange endog mindre end Kulilte, dog vise stærk sur Reaktion. Davy havde opdaget en Luftart, ClO_4, som ikke har sure Egenskaber. Gay-Lussac havde opdaget en Forbindelse af 2 At. Brint, 1 At. Chlor og 6 At. Ilt, som har sure Egenskaber, men han betragtede denne Substants som bestaaende af Chlor og Ilt og oversaa Brinten, uden hvilken den dog ikke kunde bestaa. Han antog, at en af 1 At. Chlor og 5 At. Ilt bestaaende Syre findes i alle Chlorater, men anførte end ikke det ringeste Bevis derfor. Disse Salte bestaa af 1 At. Chlor, 1 At. Metal og 6 At. Ilt, og man kunde antage, at Brinten i Chlorsyren havde overtaget Metallets Rolle. Gay-Lussac paastod fremdeles, at naar Chlorsyren ikke kan gjælde for en Forbindelse af Chlor og 5 At. Ilt, kunde heller ikke Svovlsyre og Salpetersyre gjælde for Iltforbindelser. Sagen var imidlertid denne: En Syre, som skulde bestaa af 1 At. Kvælstof[1]) og 5 At. Ilt, er fuldkommen hypothetisk. Det simple Udtryk for Kjendsgjerninger er, at Salpetersyren er en Forbindelse af 2 At. Brint, 1 At. Kvælstof og 6 At. Ilt. Kun ganske faa Neutralsalte indeholde i Virkeligheden de Syrer og Baser, hvoraf de ere dannede. Chlorider, Jodider, Fluorider og Cyanider indeholde hverken Syre eller Base. Af Sulfater og Nitrater kunne Syrerne kun dannes ved Medvirkning af brintholdige Stoffer. Skulde salpetersur Ammoniak bedømmes efter dets Spaltningsprodukter, maatte det betragtes som en Forbindelse af Vand og Kvælstofforilte. Enkelte Syrer som Kulsyre synes at indtræde som saadanne i deres Salte, men det er ganske umuligt at afgjøre, hvorledes Elementerne i disse Salte ere ordnede.

Som man ser, indeholde de Anskuelser, Davy gjorde gjældende, i Grunden en Kritik af hele det dualistiske Princip, og Davy maa nærmest betragtes som Forfægter af den Lære, Laurent og Gerhardt langt senere udviklede, medens Dulongs Anskuelser væsentlig vare dualistiske og de samme, som Liebig og Graham senere

[1]) Lige saa lidt som Chloratomet blev Kvælstofatomet dengang delt.

forfægtede. Det er derfor let at forstaa, at DAVY's Betragtninger ikke paa den Tid kunde blive ret forstaaede eller vurderede, ja selv den senere saakaldte Binærtheori refererede sig bestandig, skjøndt med Urette, til DAVY som sin Ophavsmand. Som GRIFFIN[1]) i denne Anledning meget rigtig bemærker, siger DAVY ikke, at Kaliumchlorat er $K + ClO_6$ eller Salpeter $K + NO_6$. Hvad han siger, er, at disse Salte ere $Cl + K + O_6$ og $K + N + O_6$: „He says also, that the chlorates are triple compounds, not that they are binar compounds."

Men paa den Tid, vi her behandle, var Dualismen aldeles eneherskende i Kemien og vandt fornyet Styrke, da BERZELIUS 1811, bl. a. støttet paa Forsøg, han selv og HISINGER allerede i de første Aar af Aarhundredet havde foretaget over Saltenes Sønderdeling af den galvaniske Strøm[2]), udviklede sin elektrokemiske Theori. Denne forandrede aldeles ikke de da almindelig antagne Anskuelser om Forbindelsernes Konstitution, men præciserede meget bestemt det dualistiske Princip og begrundede det ved at udlede den kemiske Affinitet af Stoffernes modsatte elektriske Egenskaber. Alle kemiske Forbindelser beroede paa 2 modsatte Kræfter, positiv og negativ Elektricitet, og enhver Forbindelse var sammensat af 2 Bestanddele, der forenes ved deres modsatte elektriske Karakter. Deraf fulgte, at ethvert sammensat Legeme, det indeholde forresten saa mange Bestanddele, det vilde, maatte kunne deles i 2 Dele, hvoraf den ene er positiv, den anden negativ elektrisk. Saaledes bestod det svovlsure Natron ikke af Svovl, Ilt og Natrium, men af Svovlsyre og Natron, der hvert for sig lod sig spalte i en elektropositiv og en elektronegativ Bestanddel. Paa samme Maade kunde Alun ikke anses sammensat umiddelbart af sine enkelte Bestanddele, men maatte betragtes som en Forbindelse af den elektronegative svovlsure Lerjord med det elektropositive svovlsure Kali[3]). Men Syrernes elektronegative Egenskaber udleder BERZELIUS ikke som LAVOISIER af et ejendommeligt principe acidifiant, men af deres elektropositive Bestanddeles Unipolaritet. Et Ilte forholder sig i Almindelighed elektronegativt overfor andre Ilter, naar dets Radikal forholder sig elektronegtivt overfor disses Radikaler og omvendt. Saaledes er Svovlsyren elektronegativ overfor alle Metalilter, fordi Svovl forholder sig elektronegativt overfor alle Metaller. „Denne Kjendsgjerning, hvis Aarsag vi ikke kunne forklare, berigtiger et falsk Begreb om „principium aciditatis", for hvilket den antiflogistiske Theori ansaa Ilten. Vi have nu fundet, at dette Princip ligger i Syrernes Radikal, og at Ilten spiller en saa indifferent Rolle derved, at den lige saa godt indgaaer i de stærkeste Baser ɔ: de elektropositive Ilter som i Syrerne ɔ: de elektronegative Ilter."[4]) Denne Theori blev nu i mange Aar den almindelig antagne; den gik i modsat Retning af DAVY's, men den lod sig, særlig med Hensyn til det dualistiske Princip, meget vel forene med DULONG's Anskuelser, og BERZELIUS var i 1820 ikke utilbøjelig til at dele den. Han havde analyseret

[1]) J. J. GRIFFIN: The radical Theory of Chemistry, London, 1858, 8⁰, S. 22.
[2]) Afh. i Fys., Kemi och Mineral. 1, 1.
[3]) Vers. üb. die Theorie der chem. Proport. S. 103.
[4]) Ibid. S. 96.

Kaliumsulfocyanat og undersøgt denne og lignende Forbindelsers vigtigste Forhold. Da de sulfocyansure Metalsalte fældes af Svovlbrinte, kunde man ikke vel antage, at de allerede indeholde Svovlmetal. Disse Forhold kunde alene forklares efter den Theori, man i den sidste Tid havde opstillet for Saltsyren, og hvori den iltede Saltsyre betragtedes som et usammensat Stof, „hvilken theori får en allmän och ganska intressant utsträckning öfver alla Syror och Salter, om de vattenhaltiga syrorna och salterna i allmänhet, på sätt DULONG föreslagit, anses såsom föreningar af väte och metaller med syrans radical och syret, tillsamman betraktade såsom en kropp." Vel kunne de vanskelig finde Anvendelse paa vandfrie sure og basiske Salte; thi medens Kalium i svovlsur Kali er forbundet med SO_4, skulde det i surt svovlsurt Kali være forbundet med $SO_{3\frac{1}{2}}$ [nemlig $K(SO_{3\frac{1}{2}})_4$][1], i basisk svovlsurt Jerntveilte skulde det med Metallet forbundne Legeme være SO_6: „Oagtadt våre vanliga åsigter, i mitt tycke, der gifva en naturligare förklaring, förtjener dock Utsträckningen af den nya theorien till alla salterna stor uppmärksamhet för den consequens och den likstämmighet, som härigenom uppkommer i åsigterna."[2]) Endnu 1824 udtaler han i Anledning af de af WÖHLER[3]) opdagede Dobbeltsalte af Sølvnitrat med Cyansølv og Cyankvægsølv, at for at faa Overensstemmelse mellem disse Forbindelser og de almindelige Dobbeltsalte af Iltsyrer kan man i WÖHLER's Salte antage et Komplex af 1 Rumfang Kvælstof og 3 Rf. Ilt, som ganske vist ikke kjendes, men som formodentlig maa have lignende Egenskaber som Chlor, Jod og Cyan.[4])

Dog gik BERZELIUS i Virkeligheden aldrig over til DULONGS Anskuelser. Paa den anden Side sluttede han sig heller ikke til GAY-LUSSAC's. I Anledning af sin Opdagelse af Flersvovlkaliumforbindelserne[5]) udtalte han sig endogsaa meget bestemt mod at betragte deres vandige Opløsninger som indeholdende Kali. De Anskuelser, han i 1818 havde udtalt, bragte en nærmere Undersøgelse af disse Forbindelser ham til ganske at frafalde. Han havde fremstillet KS_2, KS_4, KS_6, KS_8, KS_{10} foruden et Par mellemliggende, som han opfattede som Forbindelser af to andre. Alle disse Forbindelser vare opløselige i Vand. Skulde dette nu ske under Vanddekomposition, saa at Opløsningerne indeholdt KO_2, maatte der existere lige saa mange Svovlbrinter, hvad der dog maatte anses for usandsynligt. Tilmed gave alle disse Svovlforbindelser ved Afdampning af deres vandige Opløsninger uden Luftens Adgang de uforandrede Forbindelser, og Svovlcalcium, CaS_2, lod sig uforandret opbevare under Vand, uden at der blev dannet Kalk og Svovlbrinte: „Men härmed förfaller också helt och hållet existensen af så kallade hydrothyonsyrade Alkalier."[6]) BERZELIUS betragter Svovl som aldeles analogt med Ilt. Allerede i den nævnte Afhandling havde han beskrevet og analyseret flere Svovlforbindelser, som vare aldeles analoge med tilsvarende Ilt-

---

[1]) Sml. ovenfor S. 86, Note 3.
[2]) Sv. Vet. Ak. Handl. 1820, S. 92.
[3]) Pogg. Ann. **1**, 231.
[4]) Berz. Jahresb., **5**, 145.
[5]) Sv. Vet. Ak. Handl. 1821, S. 80.
[6]) Berz. Årsberättelse 1822, S. 74.

salte f. Ex. $KS_2 + 2AsS_3$, $KS_2 + 2SnS_2$, $KS_2 + 2CS_2$[1]), og fremdraget denne Analogi med stor Klarhed: „De svafvelbundne radikalerna af alkalierna och de alkaliska jordarterna förhålle sig til andra svafvelbundne metaller såsom deras oxider till andra metallers oxider och genom deras inbördes förening uppkomma dubbelsulfureta, som kunna liknas vid salter, emedan det ena sulfuretum deri är elektropositift d. ä. basiskt emot det andra såsom elektronegatift, företrädande en syras ställe.“ [2]).

Men det var dog først 1825, at han paabegyndte sit store Arbejde om „Svafvelsalter“ [3]), hvori han beskrev c. 120 saadanne Forbindelser, nogle ganske vist kun flygtigt, men mange ledsagede af omhyggelige Analyser, og som Indledning fremsatte en Række vigtige Betragtninger over Syrer og Salte i Almindelighed: Analogien imellem de elektropositive Forbindelsers Egenskaber kalde vi Basiskhed og mellem de elektronegative Surhed: Herved er det blevet forstaaeligt, at et med Brint forbundet Element, som sønderdeler et basisk Ilte, idet det samtidig neutraliserer de elektrokemiske Egenskaber hos dets Radikal, ligesaa vel kan smage og reagere surt, som naar Elementet er forenet med Ilt og neutraliserer Iltbasen. Exempler ere Chlorbrintesyren, som sønderdeler Basen, og Chlorsyren, som forener sig dermed. Produkterne ere i begge Tilfælde analoge og have de Egenskaber, som karakterisere Saltene, uagtet Saltet i første Tilfælde bestaar af to usammensatte Stoffer, i sidste af to Ilter. Hvad vi kalde Salt, maa saaledes bestemmes af et elektrokemisk Forhold uden Hensyn til Bestanddelenes Antal. Vi kalde derfor Chlornatrium for et Salt, fordi de to Bestanddele aldeles have ophævet hinandens elektrokemiske Forhold. Men vi kalde ikke Natriumilte for et Salt, thi Ilten har ikke ophævet Natriums elektriske Forhold. Den Omstændighed, at Chlor neutraliserer et elektropositivt Metal, men Ilten ikke, ligger ikke i disse Stoffers ulige elektrokemiske Intensitet, thi i saa Fald skulde, om end ikke 1 At. Natrium med 2 At. Ilt ɔ: Natron være neutralt, saa dog en Forbindelse med flere At. Ilt blive det, men Natriumoverilte er det ikke, men har i Stedet antaget nogle af Iltens elektronegative Forhold. Hvis derimod et elektropositivt Metal forener sig med Chlor i flere Forhold, saa ere alle Forbindelserne Salte. Aarsagen til denne karakteristiske Forskjel kan ikke tilskrives en ulige elektrisk Elektricitet, men maa søges i en anden Forskjel i disse Stoffers materielle Natur.

De elektronegative Stoffer deler Berzelius derfor i 3 Afdelinger: 1° de, som i Forbindelse med elektropositive Stoffer danne Salte, corpora halogenia, Chlor, Jod og Fluor; 2° de, som i Forbindelse med elektropositive Stoffer danne Baser og med elektronegative Stoffer Syrer, der igjen forene sig til Salte. Saadanne corpora amphigenia ere Ilt, Svovl, Selen og Tellur; 3° de, som ikke have Egenskaber fælles med 1ste og 2den Afdeling, men med Stoffer af 2den Afdeling danne Syrer, Kvælstof, Brint, Phosphor, Bor, Kulstof, Silicium, Arsenik og de elektronegative Metaller, hvilke sidste ogsaa danne svage Baser. — De elektropositive Stoffer danne

---

[1]) Sml. ovenfor S. 86, Note 3.

[2]) Årsberätt. 1822, S. 77.

[3]) Vet. Ak. Handl. 1825, S. 232.

kun en Række, som med den første Afdeling af de elektronegative Stoffer danne Salte, med den anden Baser og med den 3die „Alliager".

Haloidsaltene danne i fuldkommen Overensstemmelse med Amfidsaltene baade basiske og sure Salte. De basiske bestaa af det elektropositive Metals Oxyd forenet med dets Haloidsalt, men altid saaledes, at Oxydulet forenes med Chloruret og Oxydet med Chloridet. De sure Salte ere Forbindelser af Haloidsaltet med dets Brintsyre.

Ogsaa de amfigene Stoffer danne Brintsyrer, men de forene sig med Metalilter ikke til et Salt men til en Amfidbase (f. Ex. Svovlkalium), der igjen kan forenes med Brintsyren til et Salt (Sulfhydrat): „Här är en skarp och bestämd gräns emellan Saltbildares vätesyror och Basbildares vätesyror, hvilka således utgöra tvenne särskilta klasser, af hvilka de förre icke ingå i de salter, åt hvilka de gifva upphof, då deremot de sednare såsom syror förena sig med den basis, de bildat." [1])

Men uagtet Berzelius saaledes skarpt skelner mellem Amfid- og Haloidsalte, indrømmer han dog, at: „Consequent borde också amphidsalterna betraktas såsom frambrakte ej allenast af en basis och en syra, utan också såsom uppkomne af en elektropositif metall förenad med en saltbildare, sammansatt af två elektronegativa kroppar", altsaa som Dulong antog. Begge disse Anskuelser gaa parallelt, begge „kunna vara och äro troligen lika riktiga", men den sidste har det imod sig, at den sammensatte Saltdanner kun i meget faa Tilfælde har kunnet fremstilles. [2])

Samtidig blev imidlertid de Anskuelser, Dulong havde skitseret, — det maa i høj Grad beklages, at hans Arbejde, saavidt vides, aldrig er blevet offentliggjort fuldstændigt — udviklede med stor Klarhed af Thom. Clark i Forelæsninger, han 1826—28 holdt ved Glasgow Mechanics Institution. Men heller ikke disse Forelæsninger blev offentliggjorte. Der foreligger kun nogle Tabeller, som blev trykt til Oplysning for Tilhørerne, om de Formler, han anvendte. Disse Tabeller ere optrykte af J. J. Griffin [3]) og ere højst mærkelige. Formlerne vise, at Clark har gjennemført Brintsyretheorien med stor Konsekvens. Han skriver saaledes Svovlsyre $SO, O; H$ ($S=8$, $O=8$, $H=1/2$), Salpetersyre $NO, O, O; H$ ($N=7$), Chromsyre $CrO, O; H$ ($Cr=14$), Oxalsyre $CO, O; H$ ($C=6$), Kaliumsulfat $SO, O; K$ ($K=20$), surt Kaliumsulfat $SO, O; K; SO, O; H$, Aluminiumsulfat $SO, O; Al, SO, O; Al; SO, O$ ($Al=7$). Kun for de kulsure Salte synes han at være inkonseqvent. Han skriver saaledes Natriumcarbonat $CO, O; NaO, Na + 10H_2O$ ($Na=12$) og paa samme Maade alle andre Carbonater f. Ex. $CO, O; CaO, Ca$ ($Ca=10$). Vand skriver han HO, H, Natron NaO, Na. For Alkalihydraterne findes ingen Formler, lige saa lidt som for Fosforsyre og Fosfater. Men for andre Forbindelser findes højst mærkelige Formler, som synes at foregribe langt senere Tiders Anskuelser. Alkohol skrives saaledes: $HO, CH, H; CH, H, H$, Myresyre $H, CO, O; H$, Eddikesyre $CHHH; CO, O; H$, Ravsyre $CH, H; CO, O; H$.

[1]) Ibid. S. 242.

[2]) Berz. Årsberätt. 1826, S. 187.

[3]) Griffin: Chemical Recreations and Romance of Chemistry, Glasgow, 1834, 12° og Griffin: The radical Theory of Chemistry. London, 1858, 8°.

Det juste-milieu, hvormed BERZELIUS søgte at forsone de stridende Meninger, var langt fra at vinde almindeligt Bifald. De Ideer, som GAY-LUSSAC havde egentlig mere antydet end udviklet, kom atter frem i klarere Form, og man kunde ikke finde sig i den Inkonseqvens, BERZELIUS' Adskillelse af Haloid- og Amfidsalte vilde indføre i Kemien. Allerede i Slutningen af 1826 fremhævede v. BONSDORFF i et Brev til GAY-LUSSAC[1]) den store Lighed, der fandtes mellem Chlor, Jod o. s. v. paa den ene, og Ilt paa den anden Side baade i de Forbrændingsfænomener, der fremkaldtes, og i deres Evne til at danne luftformige Forbindelser, og fandt det derfor naturligt, at ogsaa Chlor og Jod med elektronegative Stoffer dannede „composés analogues aux acides“ og paa den anden Side med elektropositive Metaller „composés analogues aux bases salifiables.“ Han finder denne Tanke bekræftet ved, at Kvægsølvchlorid reagerer tydelig surt paa Lakmustinktur, men at den røde Farve forsvinder ved Tilsætning af Chloriderne af Kalium, Natrium, Lithium, Baryum, Strontium, Calcium, Magnium, Yttrium, Cerium, Mangan, Nikkel, Kobalt o. fl. Han fremstillede en Del krystallinske Salte, hvori Kvægsølvchloridet aabenbart var Syre og det elektropositive Metals Chlorid fungerede som Base, og som reagerede neutralt. Han finder derfor Føje til at kalde Kvægsølvchlorid „acide chlorohydrargyrique“ og dets Salte „chlorohydrargyrates“. Platinchlorid og Palladiumchlorure have givet ham lignende Resultater, og han har ogsaa fremstillet enkelte Jodohydrargyrater, og han mener, at de talrige Forbindelser, BERZELIUS i de sidste Aar havde fremstillet af Silicium-, Bor-, og Titanfluorid med elektropositive Metallers Fluorider sikkert maatte opfattes fra samme Synspunkt. I sin fuldstændige Afhandling[2]) udvikler v. BONSDORFF disse Ideer videre og fremhæver, at da Haloidforbindelserne af de elektropositive Metaller i dette System fungere som Baser, burde de ogsaa reagere alkalisk. Vel forandre Chlorkalium og Chlornatrium, selv om deres Opløsninger indtørres paa Fernambukpapir, aldeles ikke dettes Farve, for Chlorbaryum og Chlorstrontium er Indvirkningen næppe kjendelig, men Chloriderne af Calcium, Magnium, Mangan og Zink vise ganske tydelig Reaktion efter en halv eller en hel Dags Indvirkning. Han mener at finde Grunden hertil i, at Chlorkalium og Chlornatrium krystalliserer vandfrit, medens Vand er nødvendigt til alle disse Farvereaktioner. Bromider af Calcium, Magnium, Mangan og Zink reagere ogsaa svagt alkalisk, Jodkalium, Fluorkalium og Fluormangan vise endogsaa stærk alkalisk Reaktion. En Antydning af, at ogsaa Chlornatrium kan optræde som Base, saa v. BONSDORFF ogsaa deri, at Druesukker, der ved at forbinde sig med Kalk tydelig viser Syrekarakter, danner en krystallinsk Forbindelse med Kogsalt. I Overensstemmelse med sin hele Betragtningsmaade antager han ogsaa, at ligesom de lavere Ilter af flere Metaller ere Baser, de højere Syrer, saaledes maa ogsaa f. Ex. de lavere Chlorider kunne optræde som Baser, overfor de højere som Syrer, og finder en Antydning deraf i, at Kalomel opløser sig i Platinchlorid, dog har han ikke undersøgt dette Forhold nøjere. Men omtrent

[1]) Ann. chim. phys. **34**, 142.
[2]) K. Vet. Akad. Handlingar 1828, S. 174 og 1830 S. 117.

samtidig fremstillede BOULLAY en krystallinsk Forbindelse af Kvægsølvjodure og Kvægsølvjodid, HgJ, HgJ_2, der jo fuldt stadfæstede v. BONSDORFF's Anskuelse. BOULLAY[1]) beskrev desuden en stor Mængde Iodohydrargyrater, bl. a. ogsaa Forbindelser af Jodbrinte med Kvægsølvjodid, som altsaa ganske svarede til Iltsyrernes Hydrater, og desuden flere Iodoplumbater og Iodoargentater af Alkalimetaller. Han deler i det hele v. BONSDORFF's Opfattelse, men udtaler sig med langt større Skarphed mod BERZELIUS's Adskillelse af Amfid- og Haloidsalte: „Dans le dernier mémoire que M. BERZELIUS vient de publier, il établit entre le soufre, l'oxygène et les autres corps négatifs, une distinction fondée sur la faculté que les premiers possèdent, de donner naissance à des bases et des acides par leurs combinaisons avec les métaux. Si cette propriété était particulière à quelques corps, elle caractériseroit certainement d'une manière tranchée ceux qui en seroient douées.

Il n'en est pas ainsi; du moins pour le chlore, l'iode et le fluore, etc.“ [2]) Og fremdeles: „Lorsque l'oxygène se combine avec un autre corps, il en résulte généralement un composé doué d'une tendance acide ou basique. L'union de deux composés de ce genre doués de propriétés opposées donne naissance à des sels plus ou moins bien définis. L'idée de sel se rapporte donc toujours à l'union de deux corps composés eux-mêmes. Sous ce point de vue, les chlorures, les iodures, les sulfures, ne sont point des sels et ressemblent aux oxides d'une manière qui paraîtra tout-à-fait évidente à quiconque voudra bien examiner avec attention l'ensemble des travaux qui concernent ces corps.“ [3])

BERZELIUS indvendte mod v. BONSDORFF, at de Salte, hvis Reaktion denne prøvede ved en halv eller en hel Dags Indtørring paa Fernambukpapir, ved denne Behandling kunde tabe Saltsyre, men at Chlorurerne af Jern og Mangan viste tydelig sur Reaktion, og især at svovlsurt Jernforilte rødnede Lakmuspapir, men dets Dobbeltsalt med svovlsurt Kali reagerede neutralt. En Reaktion paa Lakmus havde forøvrigt ikke meget at sige, men det vilde blive vanskeligere at betragte Chlormagnium som en Syre i LIEBIG's Dobbeltsalt $KCl, MgCl_2, 6H_2O$.[4]) Imod BOULLAY bemærkede BERZELIUS, at han (Berz.) „vid begreppen basis, syra och salt icke fästar någen ting af sammansättningen utan endast af egenskaperna“ [5]); at de elektronegative Stoffer som Svovl og Fosfor ikke med Chlor, Brom eller Jod gav Forbindelser, som forbandt sig med Chlor-, Brom- og Jodforbindelser af de elektropositive Metaller. Derimod vilde man med BOULLAY's Anskuelser faa en ny Række Syrer, dannede af de elektropositive Metaller, idet Chlornikkel, Chlorjern, Chlormangan og Chlorzink som Syrer dannede Salte med Chlorammonium og Chlorkalium. Det maatte overhovedet betragtes som ufrugtbart at opstille Theorier, som udelukkede Kogsaltet af Saltenes Række.

---

[1]) Ann. chim. phys. **34**, 337 (1827).
[2]) Journ. d. pharm. **12**, 638 (cit. efter Berz. Jb. **8**, 138).
[3]) Ann. chim. phys. **34**, 337—338.
[4]) Berz. Jb. **10**, 127.
[5]) Berz. Årsb. 1828, 135.

Ogsaa LIEBIG[1]) mente oprindelig ligesom v. BONSDORFF, at Forbindelser af elektronegative og elektropositive Chlorider burde betragtes som Salte og ikke som Dobbeltsalte, men uagtet han fandt, at Cyansølv og Cyankvægsølv overfor Cyankalium mere forholdt sig som Syrer end Svovlarsen overfor Svovlkalium, mente han dog at maatte opgive hin Tanke, fordi Forbindelser som $2HgCl_2 + HgJ_2$, $HgCy_2 + KJ$, en Forbindelse af $Hg(NO_3)_2 + HgJ_2$, WÖHLER's $AgNO_3 + 2AgCy$ og $AgNO_3$, $HgCy_2 + 4H_2O$ vanskelig lode sig forene med en saadan Forestilling. Især mener han, at det vil være umuligt at betragte $KCl + MgCl_2 + 6H_2O$ under et andet Synspunkt end $K_2SO_4 + MgSO_4 + 6H_2O$.

Skjøndt GAY-LUSSAC, foranlediget af BERZELIUS' Undersøgelser af de jernholdige Cyandobbeltsalte, ganske i DULONG's Aand betragtede Ferrocyansaltene som afledede af „un véritable hydracide dont le radical serait formé de 1 atome de fer et de 3 at. cyanogène“ [2]) og kaldte dette Radikal „cyanoferre“, kan der dog ingen Tvivl være om, at han ganske delte BOULLAY's Anskuelser m. H. t. Haloiddobbeltsalte. Den Opfattelse, BOULLAY havde gjort gjældende om Salte som Forbindelser af 2 sammensatte Legemer, stemte jo ganske med den, GAY-LUSSAC selv havde fremsat i sit Arbejde om Jodet og yderligere præciseret Aaret efter (se ovenfor S. 97). Men en anden Konseqvents af denne Opfattelse var, at de enkelte Chlor-, Brom- og Jodmetaller kun i Opløsning i eller forbundne med Vand vare at betragte som Salte, nemlig som Forbindelser af Brintsyrerne med Baser. BERZELIUS havde jo tidligere stærkt hævdet en saadan Opfattelse af Svovlalkalimetallernes vandige Opløsninger, men i sin Afhandling om Flersvovlalkalimetallerne ganske opgivet den, og GAY-LUSSAC havde ogsaa paa dette Punkt sluttet sig til ham, idet han nu ligesom BERZELIUS betragtede Svovlkalium som en Svovlbase, der med Svovlbrinte forbandt sig til et virkeligt Salt.[3]) Men en videre Undersøgelse af Svovlsaltene førte jo BERZELIUS til at opfatte Haloidmetallerne som virkelige Salte, og han rejste nu Spørgsmaalet, om der overhovedet existerede brintsure Salte i GAY LUSSAC's Forstand. Ad Erfaringens Vej, mente han, kunde dette Spørgsmaal aldrig afgjøres, men er det tænkeligt, at en saa fuldstændig neutral Forbindelse som Chlorkalium har Tendens til at sønderdele Vand, og at en Proces, hvor Kalium forener sig med Ilt, Chlor med Brint og Kali med Saltsyre skulde foregaa ikke blot uden Varmeudvikling, men endog under Varmebinding? Man vil indvende, at dog Ammoniaksalte uomtvistelig ere brintsure Salte, men den Indvending falder bort ved at betragte disse Salte som Ammoniumforbindelser, der jo ogsaa vise de stærkeste Analogier med Kaliumforbindelserne.[4]) Der er desuden ikke større Forskjel paa fast Kogsalt og en Kogsaltopløsning end paa fast Salpeter og en Salpeteropløsning, hvorimod man ved at antage, at Kogsaltopløsningen indeholder saltsurt Natron maa antage, at der er større Forskjel paa

[1]) Schweigg. Jahrb. der Chem. u. Phys. **49**, 251 (1827).
[2]) Ann. chim. phys. **22**, 322 (1823).
[3]) Ibid. **30**, 24 (1825).
[4]) Berz. Jb. **6**, 187.

Kogsalt og saltsurt Natron end paa Svovljern og Jernvitriol. Denne sidste indeholder dog kun Ilt mere end Svovljern, men saltsurt Natron foruden Kogsalt baade Ilt og Brint.[1])

Af disse Indvendinger mod brintsure Salte var dog en af de vigtigste, Varmetoningen ved Opløsning af Chlormetaller, allerede imødegaaet af GAY-LUSSAC (se ovenfor S. 94) med, at Varmetoningen her er et Resultat af modsatte Kræfter, som det er vanskeligt at holde Regnskab med. Man maa jo i Virkeligheden erindre, at foruden de positive Varmetoninger, BERZELIUS her fremhæver, foregaar der ogsaa negative ved, at Vand og Chlorkalium dekomponeres. Men ogsaa fra andre Sider fremkom der Udtalelser til Forsvar for de brintsure Salte. GEIGER[2]) fandt det sandsynligt, at da hverken Iltsyrer eller Iltbaser sønderdele en vandig Opløsning af Cyankvægsølv (men Brintsyrer let), er dette Salt opløseligt som saadant i Vand uden at sønderdeles af Vandet til blaasurt Kvægsølvilte. Det samme gjælder Kvægsølvchlorid, som heller ikke dekomponeres af Iltsyrer. Han mener derfor, at Chlor-, Jod- og Cyanforbindelser af de Metaller, der som de ædle have ringe Affinitet til Ilt, men stor til Chlor, Jod og Cyan, opløses som saadanne i Vand, men Chlor-, Jod- og Cyanforbindelser af Metaller, der have ligesaa stor Affinitet til Ilt, opløses som brintsure Salte. Reaktionen giver sig ofte tilkjende ved en betydelig Varmeudvikling, som naar Chlorcalcium opløser sig i Vand.

I 1835 tog L. SCHNAUBERT Spørgsmaalet om brintsure Salte i GAY-LUSSAC's Forstand op til en udførligere theoretisk Undersøgelse[3]). Han indrømmer, at BERZELIUS' Opfattelse er simpel og konseqvent, og at Læren om brintsure Salte ikke drager nogen bestemt Grændse mellem Haloidsalte og brintsure Salte. Han deler derfor Saltene i Almindelighed i Basesalte, Forbindelser af Ilt- eller Brintsyrer med Baser, og Haloidsalte, der bestaae af en Saltdanner og et Metal. Haloidsaltene ere enten egentlige Haloidsalte, der ved Opløsning i Vand gaa over til brintsure Basesalte, eller Haloidsyrer, Forbindelser af et Metal med saa megen Saltdanner at de ved Opløsning i Vand dekomponeres saaledes, at Metallet gaaer over til en Iltsyre, som med den samtidig dannede Brintsyre forener sig til en Dobbeltsyre Saaledes er Tinchlorid, $SnCl_4$, opløst i Vand: „Zinnhydrochlorsäure" $= SnO_2 + 4HCl$. Som Grunde, der tale for denne Anskuelse, anfører han meget. Fosfor, Svovl, Selen og Bor have stor Tiltrækning til Ilt, men Alkaliernes og de alkaliske Jordarters Metaller en endnu større. Da nu de førstes Chlorforbindelser dekomponere Vand, er det endnu sandsynligere, at de sidstes gjøre det. Alkalierne og de alkaliske Jordarters Metaller sønderdele allerede for sig Vand, Chlor gjør under visse Forhold det samme, og Brintsyrerne have stor Tiltrækning til Metalilter. Om man end ikke ligefrem kan bevise, at Haloidsaltene dekomponere Vand, saa er det dog vist, at Haloidsyrer, som Chromperchlorid, som PELIGOT og H. ROSE[4]) havde vist indeholdt

[1]) Vet. Akad. Handl. 1825, 235.
[2]) GEIGER: Handbuch d. Pharmacie **1**, 555.
[3]) Journ. f. prakt. Ch. **6**, 353.
[4]) Pogg. Ann. **27**, 570.

Ilt og var CrO_2Cl_2, opløst i Vand danner en Dobbeltsyre og altsaa ikke kan være en Forbindelse af metallisk Chrom og Chlor.

Det er fremdeles muligt med SCHNAUBERT's Theori at forklare Ammoniaksalte uden Hypothese. ROSE[1]) gjør ogsaa opmærksom paa, at Fosforbrintens Forbindelser med Brom- og Jodbrintesyre ikke harmonere med BERZELIUS's Opfattelse af Ammoniaksaltene. Ogsaa Plantealkaloidernes Forbindelser med Syrer forklares efter SCHNAUBERT uden Hypothese, medens BERZELIUS[2]) antager, at enten Brintsyrens Brint forener sig med Alkaloidet til et sammensat Ammonium, eller at den forener sig med Alkaloidets Ilt til Vand og saaledes reducerer Alkaloidet til et sammensat Metal. I begge Tilfælde forener det halogene Stof sig med det dannede Metal til et Haloidsalt uden eller med Vand. Mod den første Antagelse taler dog, at vi ingen Erfaringer har for Existensen af et saadant sammensat Ammonium, mod den sidste, at da Alkaloidernes Iltmængde ikke som ved de uorganiske Baser svarer til Syrens Brintmængde, maa der enten blive Ilt tilbage i Alkaloidet, som ikke mættes af Syrens Brint, eller Brint i Syren som Alkaloidets Ilt ikke kan mætte. Af andre Forhold, som stride mod BERZELIUS' Salttheori, fremhæver SCHNAUBERT, at Tellurkalium efter BERZELIUS opløses som saadant af Vand, og at Telluret udskilles ved Luftens Adgang, idet Kalium iltes af Luftens Ilt. Men da Kalium iltes langt lettere af Vand end af Luft, især naar der er et Stof tilstede, der som Tellur kan forene sig med Brint, er det langt sandsynligere, at der ved Opløsning af Tellurkalium i Vand dannes tellurbrintesurt Kali, og at Tellurbrinten iltes af Luftens Ilt ligesom Svovlbrinte. Efter BERZELIUS maa man ogsaa antage, at naar Metaller opløse sig i Iltsyrer under Brintudvikling, er det Vandet, men at naar de opløse sig i Brintsyrer, er det Syren, som dekomponeres. Naar man blander Chlorsilicium med Vand, sønderdeles begge, der dannes Saltsyre og udskilles Kiselsyre. Af Fluorsilicium skal derimod efter BERZELIUS kun $^1/_3$ af Fluoridet sønderdeles til Kiselsyre og Fluorbrinte, hvilken sidste da skulde forene sig med det udekomponerede Fluorid. Konseqventere er det dog at antage, at Processerne ere analoge, at alt Fluorid dekomponeres og at der dannes Kiselsyrefluorbrint, $H_9F_9+SiO_3$.[3]) GRAHAM havde fundet, at renset Benkul fælder alt Sølv af en Opløsning af Chlorsølv i Ammoniak. Da en saadan Opløsning efter SCHNAUBERT indeholdt saltsurt Sølvilte, var dette ganske naturligt, idet Kullet reducerede Sølviltet. Men med BERZELIUS' Opfattelse, at Chlorsølvet fandtes som saadant i Opløsningen, var det ikke let at forstaa, at Kullet skulde have større Affinitet til Chlor end Sølvet. Blandes Opløsninger af Kobbervitriol og Kogsalt, bliver Vædsken grøn under Dannelse af Kobberchlorid. Indeholder Kogsaltopløsningen saltsurt Natron, sker herved en almindelig Dobbeltdekomposition. Men indeholder den Chlornatrium, bliver Sagen vanskeligere, da Chlor har en langt stærkere Tiltrækning til Natrium end til Kobber, da Natriumchlorid og Kobberilte ikke virke

[1]) Pogg. Ann. **24**, 340.

[2]) Lehrbuch. **3**, 243.

[3]) Dengang ansaaes Kiselsyreanhydrid for $Si\,O_3$, og SCHNAUBERT betragter det i Lighed med Zirkonjord som en svag Base, der staaer paa Overgangen til Syrerne.

paa hinanden, og da Svovlsyren ved sin Forbindelse med Kobberilte er forhindret i at virke som saadan paa Kogsaltet.

Som Forhold, der talte for Existensen af brintsure Salte, fremhævede L. GMELIN[1]) ogsaa følgende. Fosforkalium sønderdeles af Vand til Fosforbrinte og Kali, hvorfor skulde da ikke Svovlkalium sønderdeles paa samme Maade? Den eneste Forskjel er, at Svovlbrinte forener sig med Kali, medens Fosforbrinte, som ingen Affinitet har til Kali, udvikler sig luftformig. — Uagtet Ilt gjælder for mere elektronegativt end Chlor, er Kali en stærk Base, Chlorkalium neutralt. Denne Besynderlighed forklares, naar Chlorkalium i vandig Opløsning opfattes som saltsurt Kali, idet den stærke Syre neutraliserer den stærke Base. — Ved fuldstændig Afdampning af Opløsninger af Magnesia eller Lerjord i Saltsyre blive Ilterne tilbage, medens Saltsyren gaaer bort. Ved at antage, at Opløsningerne indeholde Chlorider, maa man dog indrømme, at de ved en vis Koncentration spaltes i Ilte og Syre.

Mod Theorien om de brintsure Salte indvendte WILSON[2]), at hvis Guldchlorid, opløst i Vand, indeholdt $AuO_3 + 3HCl$, maatte det samme gjælde Guldbromid. Men naar man blander en Opløsning af Guldchlorid med Brombrinte, dannes mørkerødt Guldbromid og Saltsyre, som kan fradestilleres. Det viser, at Opløsningen ikke indeholder $AuO_3 + 3HCl$, thi Saltsyren er en langt stærkere Syre end Brombrinten. Opløsningen maa tvertimod indeholde $AuCl_3$, og den stærkeste Saltdanner forener sig som Følge heraf med det stærkeste elektropositive Radikal, Brint, den svageste, Brom, med det svageste elektropositive Radikal, Guld. Dette Bevis har faaet Lov til at gjælde, skjøndt det i Virkeligheden ikke kan benyttes. Efter Theorien om de brintsure Salte er nemlig en Opløsning af Brombrinte nødvendigvis $HBr + H_2O$, en Haloidsyre eller, om man vil, et Haloidsalt med Vand som Base. Bringes dette sammen med Haloidsaltet $AuO_3 + 3HCl$, gaaer naturligvis som sædvanlig den stærkeste Syre, Saltsyren, til den stærkeste Base, Vand, og den svageste Syre til den svageste Base. Imidlertid traadte denne Side af GAY-LUSSAC's Lære snart i Skygge for andre theoretiske Spørgsmaal, som i den nærmest følgende Tid fængslede alle Kemikeres Opmærksomhed, og blev aldrig almindeligere antaget paa Grund af den komplicerede Maade, hvorpaa den forklarede mange Processer. Naar saaledes Svovlantimonsvovlnatrium opløses i Vand, skulde Opløsningen indeholde $3(NaO, HS) + (SbO_5 + 5HS)$. Ved den tilsvarende Arsenikforbindelse vilde her desuden fremkomme den Vanskelighed, at i $AsO_5 + 5HS$ Arseniksyre skulde optræde som Base overfor Svovlbrinte, skjøndt den jo er en langt stærkere Syre.

Derimod vandt den Side af GAY-LUSSAC's Anskuelser, som v. BONSDORFF og BOULLAY havde fremhævet, større Bifald og understøttedes fra flere Sider. PELIGOT[3]) fremstillede saaledes en Forbindelse $KCl + 2CrO_3$, som han ansaa for analog med $KO + 2CrO_3$, og H. ROSE[4]) lignende Forbindelser af Chloralkalimetaller med vandfri

[1]) Handb. d. Chemie, 4. Aufl., **1**, 469 (1842).
[2]) The Athenæum 1839, 674; Berz. Årsber. 1840, 104.
[3]) Ann. chim. phys. **52**, 267 (1834).
[4]) Pogg. Ann. **38**, 117 (1837).

Svovlsyre. PERSOZ[1]) og ROSE[2]) fremstillede en Del Forbindelser af vandfrie Chlorider med Ammoniak, som de begge betragtede som Salte, hvori Chloridet var Syren, Ammoniak Basen, hvortil BERZELIUS[3]) dog bemærkede, at det dog var mindre passende at betragte Chlorstrontium og Chlorcalcium som Syrer, og at disse Ammoniakforbindelser i alt Fald vare ganske forskjellige fra de Salte, hvori Ammoniumilter vare Baser. De mangfoldige Haloiddobbeltsalte, som efterhaanden bleve fremstillede, og den Omstændighed, at man til saare mange af disse formaaede at isolere de tilsvarende Syrer, syntes i høj Grad at tale for v. BONSDORFF's og BOULLAY's Opfattelse, som da heller ikke væsentlig adskilte sig fra BERZELIUS'. Thi naar de f. Ex. i $KCl + PtCl_2$ betragtede KCl som Base og $PtCl_2$ som Syre, vare de i Grunden i fuld Overensstemmelse med, at BERZELIUS i Dobbeltsalte betragtede det ene Led som positivt, det andet som negativt elektrisk.

Hidtil var Oppositionen mod den af BERZELIUS foretagne Adskillelse af Saltene væsentlig fremkommen fra den GAY-LUSSAC'ske Theoris Tilhængere. Men imidlertid havde den organiske Kemi, især ved den lette Maade, hvorpaa man havde lært at foretage Elementæranalyser[4]), udviklet sig saaledes, at næsten alle theoretiske Anskuelser fra nu af gik ud fra Betragtninger over organiske Forbindelser. Omtrent samtidig trængte ved de mesterlige Arbejder, LIEBIG og WÖHLER[5]) udførte over Cyanursyren og GRAHAM[6]) over Fosforsyrens forskjellige Modifikationer, Begrebet om flerbasiske Syrer sig frem som en uafviselig Nødvendighed. Paa disse Omraader hævede DULONG's Theori sig igjen frem, man søgte i den Forklaringen paa den daværende Videnskabs vanskeligste Problemer, og medens den havde spillet en temmelig underordnet Rolle i den uorganiske Kemi, blev den med stor Dygtighed og Omsigt hævdet overfor de organiske Syrer, især af LIEBIG. Ogsaa fra denne Side blev Adskillelsen af Amfid- og Haloidsalte Gjenstand for en skarp Kritik, og her var Angrebet langt farligere og blev ledet med langt større Talent.

---

[1]) Ann. chim. phys. **46**, 315 (1830).
[2]) Pogg. Ann. **20**, 154 (1830).
[3]) Berz. Jb. **11**, 156.
[4]) Anleitung z. Analyse organischer Körper von J. Liebig, Braunschweig, 1837, 8⁰.
[5]) Pogg. Ann. **20**, 369 (1830).
[6]) Phil. Trans. 1833, II, 253.

DE DANSKE FARVANDES PLANKTON

I AARENE 1898—1901

PHYTOPLANKTON OG PROTOZOER

2. PROTOZOER; ORGANISMER MED USIKKER STILLING; PARASITER I PHYTOPLANKTONTER

AF

CARL HANSEN-OSTENFELD

MED 4 FIGURGRUPPER OG 7 TABELLER I TEKSTEN

AVEC UN RÉSUMÉ EN FRANÇAIS

D. KGL. DANSKE VIDENSK. SELSK. SKRIFTER, NATURV. OG MATHEMATISK AFD., 8. RÆKKE, II. 2



KØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1916

INDHOLDSFORTEGNELSE

INDLEDNING

I mit Arbejde over de danske Farvandes Plankton i Aarene 1898—1901, 1, Phytoplankton (OSTENFELD 1913a)[1]), har jeg publiceret mine Undersøgelser over de danske marine Phytoplanktonter og deres Livskaar. Dette Arbejde dannede Hovedparten af min Andel i de Planktonundersøgelser, som paa Direktør, Dr. phil. C. G. JOH. PETERSEN's Initiativ foretoges i de danske Have i Aarene 1898—1901, og hvorom der foreligger Beretninger for Metazoernes Vedkommende fra C. G. JOH. PETERSEN, SØREN JENSEN, A. C. JOHANSEN og J. CHR. L. LEVINSEN.

Den Gang, jeg undersøgte Phytoplanktonet i de mange indsamlede Prøver, viste det sig imidlertid snart, at det var naturligt ogsaa at beskæftige sig med Planktonets Protozoer, idet disse i Følge deres Størrelse og Forekomstmaade lettere undersøgtes af den, der arbejdede med Phytoplanktonterne, fremfor af dem, der havde med Metazoerne at gøre. Derved førtes jeg ind paa at bestemme og opnotere Prøvernes Protozoer og lignende Organismer.

I vore Farvande er det af Protozoer, som fanges af Nettene og som kan kendes i konserveret Tilstand, egentlig kun Tintinniderne, der spiller nogen videre Rolle, og det blev derfor hovedsagelig denne Gruppe, der undersøgtes efter samme Princip som det, der anvendtes ved Phytoplanktonet. De faa iagttagne Repræsentanter for andre Protozoafdelinger er naturligvis ogsaa noterede og, naar undtages Radiolarerne, bestemte saa omhyggelig som muligt. Det ligger imidlertid i Sagens Natur, naar Talen er om Undersøgelse af konserveret Materiale, at nøgne (ikke skeletbærende) Former ikke har kunnet undersøges; endvidere maa det erindres, at de mindste Organismer, hvoraf et ikke ringe Antal er Protozoer, ikke tilbageholdes af Nettenes Masker.

Foruden Protozoerne optegnedes ogsaa de Organismer med usikker Stilling, som saas i Prøverne, ialt Fald naar de viste sig at komme oftere igen under Undersøgelsen, og endelig iagttoges ogsaa af og til nogle Parasiter i Phytoplanktonterne.

Det er Udbyttet af disse Undersøgelser, jeg her publicerer i en Form, som svarer til min Behandling af Phytoplanktonet. Der kan derfor med Hensyn til almindelige Bemærkninger om Indsamlingen (se hosstaaende Kort), Undersøgelsesmetoden o. s. v. henvises til mit tidligere Arbejde. I de Tabeller, som er publicerede dèr, er foruden Phytoplanktonterne ogsaa de i nærværende Arbejde behandlede Pro-

[1]) Se Literaturlisten i Afhandlingens Slutning.



Kort over de danske Farvande. — De faste Indsamlingssteder for Plankton er angivne med en sort Prik (●); Kurven for 10 Favne (18,8 M.) er indlagt.

tozoer opførte, og de mere detaljerede Oplysninger om deres Forekomst maa derfor søges dèr.

For at gøre Afhandlingen saa fuldstændig som mulig, har jeg medtaget alle de mig bekendte senere Oplysninger om Protozoer og lignende Organismer i vort marine Plankton, saaledes at dens Indhold gaar videre end Titlen lader formode, idet der er tilstræbt at samle en Oversigt over alle vore marine Planktonprotozoer; men det er meget rimeligt, at jeg ikke har faaet alt med, og Grænsen mellem hvad der er Plankton- og hvad der er Littoral- eller Bundformer, er selvfølgelig — hvor det drejer sig om selvbevægelige Organismer — altid arbitrær.

For Protozoernes Vedkommende har jeg benyttet den sædvanlige Tredeling: *Flagellata*, *Sarcodina* og *Ciliata*, og har saa indenfor hver af disse Afdelinger atter de sædvanlige Grupper. De Organismer, jeg samler under Navnet „Organismer med usikker Stilling“, er meget heterogene, men deres Tal er ringe, saa de lader sig let overse. Det samme gælder de faa „Parasiter i Phytoplanktonter“; det er mest Phycomyceter, det drejer sig om her.

Fælles for alle de her omhandlede Protistgrupper er, at de er heterotrofe Organismer — Stofforbrugere, medens Phytoplanktonterne (ialt de fleste) er autotrofe — Stofproducenter. Vi befinder os saaledes paa Debetsiden af Havets Økonomi, og til denne Side hører endvidere Metazoerne og Bakterierne. De sidste, saavel som de andre smaa encellede Organismer, der ikke fanges af den fineste Silkegaze (det saakaldte Nannoplankton), har ikke været studeret her i vore Farvande og laa udenfor de foreliggende Undersøgelsers Omraade. Men fraset dem skulde med den her foreliggende Afhandling Behandlingen af alle Grupper af Organismer i vore Farvandes Plankton i Aarene 1898—1901 være tilendebragt. Dermed være ikke sagt, at Planktonet i vore Farvande nu er kendt til Bunds. Tværtimod, der er uendelig meget at gøre endnu; særlig gælder dette de lavere dyriske Organismer, der hidtil har været stedmoderlig behandlede.

I. Protozoer.

A. Flagellata.

Kun to Former af Svingtraad-bærende Protozoer behandles nærmere i det følgende, men sikkert vilde en paa levende Materiale baseret Undersøgelse kunne forøge Antallet af dyriske Flagellater betydelig, hvad LOHMANN's nedenfor opførte Arter fra Kieler Bugt ogsaa viser.

1. Pyritoflagellata[1]).

Ebria tripartita (Schum.) Lemm.

Som af LOHMANN (1908, p. 286) fremhævet, har denne Organisme ikke sin Plads blandt *Silicoflagellata*, hvor den oftest anbringes, men hører til de Kromatoformanglende og derfor heterotrofe Flagellater. Ligheden mellem den og Silicoflagellaterne beror paa Tilstedeværelsen af et gennembrudt Kiselskelet, indenfor hvis Grene Organismens Plasma og Kærne findes; men medens hos Silicoflagellaterne Skelettets Grene er hule Rør, er de hos *Ebria* solide. Der er saaledes Grunde nok til at fjærne den fra denne Gruppe; derimod bliver det vanskeligere at sige, hvor den saa skal anbringes blandt de dyriske Flagellater; under alle Omstændigheder bør den danne en særegen Afdeling. I HAMBURGER's nye Behandling af Flagellaterne (1913) i „Nordisches Plankton" er den ikke omtalt.

I Undersøgelsesaarene 1898—1901 er *Ebria* ikke noteret i Planktonprøverne, hvilket for en stor Del maa bero paa, at den paa Grund af sin ringe Størrelse gaar igennem Nettets Masker, men ogsaa i nogen Grad paa, at den er oversét. Den findes nemlig, som senere Undersøgelser viser, i alle vore Farvande indenfor Skagen, omend ikke i Mængde. I 1910 (OSTENFELD 1910) har jeg behandlet dens Optræden i de nordiske Have som et Appendiks til min Behandling af Silicoflagellaterne. Det viste sig derved, at *Ebria* er en Brakvandsorganisme, som har sit egentlige Hjem i Østersøen, men som gaar ud gennem de danske Farvande med den udgaaende Strøm. LOHMANN (1908) omtaler den som forekommende hele Aaret rundt i Kieler Bugt, hvor dens Maksimum ligger i August Maaned (monakmisk).

Man ved ikke noget om dens Livscyklus; men rimeligt er det at antage, at

[1]) Med dette Navn, som er dannet analogt med Betegnelsen *Pyritophyceæ* for Diatomeerne, betegner jeg den hidtil som Silicoflagellat betragtede *Ebria*, da den jo efter bl. a. Lohmann's Undersøgelser ikke hører til i denne Gruppe.

den er holoplanktonisk. Overfor Temperatur og Saltholdighed er den eurytherm og euryhalin, idet Grænserne ligger mellem 1° og 21° C. og mellem ca. 4 ‰ og 25 ‰ (maaske højere) Saltholdighed. Paa Grund af sit uforgængelige Skelet føres den vidt om i Planktonet, og Angivelserne af dens Forekomst udfor Mandal paa Norges Sydkyst og udfor Belgien maa rimeligvis henføres til Tilstedeværelsen af tomme Skeletter i Planktonet.

Den har forøvrigt sikkert en vid Udbredelse i Brakvand, idet den ogsaa er kendt fra Aralsøen, det Kaspiske Hav og fra Nord-Amerikas Kyst ved Nova Scotia (samt Japan?) og sikkert vil findes mange andre Steder.

2. Cystoflagellata.

Noctiluca miliaris Suriray. (Teksttab. 76).

Middeltal: Tp. 11,7°, Salth. 30,2 ‰ (19)[1].

Noctiluca er den eneste velkendte Repræsentant for en særegen Gruppe af Flagellatterne, *Cystoflagellata*, til hvilken iøvrigt kun henføres to andre Slægter, der ligesom *Noctiluca* er monotypiske. I vore Farvande kan *Noctiluca*'s Optræden være saa

Teksttab. 76. *Noctiluca miliaris* Suriray.

	Apr.	Maj		Juni		Juli		Aug.		Sept.		Okt.		Nov.		Dec.		Jan.		Febr.		Marts		April	
	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1899—1900																									
Nordsøen udf. Tyborøn	..	..	..	rr	rr	—	c	r	..	..	..	r	—	r	—	..	..	..	—	+	+	..	..	..	
Limfjorden udf. Nykøbing	..	..	+	r	rr	+	cc	c	+	+	+	+	+	+	+	c	+	..	..	..	..	..	..	..	
Skagens Rev	..	..	..	..	r	rr	r	r	+	r	..	r	..	..	..	..	+	rr	+	..	..	..	..	..	
Læsø Rende	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	
Anholt Knob	..	..	..	..	r	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Schultz's Grund	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	
St. Belt udf. Knudshoved	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Lille Belt udf. Lyø	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Østersø udf. Rødvig	—	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
1900—1901																									
Nordsøen udf. Tyborøn	..	..	..	—	..	..	..	..	..	..	—	..	..	c	c	..	—	..	r	r	rr	..	..	..	..
Limfjorden udf. Nykøbing	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	cc	cc	c	cc	cc	c	rr	rr	..	..	..	..	..	..	..
Skagens Rev	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Læsø Rende	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Anholt Knob	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Schultz's Grund	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
St. Belt udf. Knudshoved	..	..	..	..	..	..	..	—	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	—	..	..	..	..	..
Lille Bælt udf. Lyø	..	..	..	—	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Østersø udf. Rødvig	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

[1]) Ligesom i min tidligere Afhandling om de danske Farvandes Phytoplanktonter (1913 a) anføres her Middeltal for Vandets Temperatur og Saltholdighed, baseret paa Angivelser i den danske „Nautisk Meteorologiske Aarbog". Tp. betyder Temperatur og det efterfølgende Tal er Celsius-Grader; Salth.

iøjnefaldende, at den endog er kendt af Fiskerne; den kan nemlig, i alt Fald i Limfjorden, være til Stede i saa stor Mængde, at den skylles ind i Havnene og paa Strandbredden og ligger dèr som tykke Bræmmer bestaaende af Milliarder af smaa graalig-blegrøde Kugler paa et Knappenaalshoveds Størrelse; den er da bleven antaget for Fiskerogn, hvad den ogsaa meget ligner ved en flygtig Betragtning.

Omstaaende Tabel (Teksttab. 76) giver iøvrigt et klart Indblik i denne Organismes Forekomst i vore Farvande; det ses meget tydelig, at den kun i Nordsøen og i Limfjorden optræder i Mængde. I den Del af Skager Rak, som ligger nærmest Danmark forekommer den ogsaa i begge Aar, men i meget forskellig Mængde, og i Kattegat mangler den helt i 1900, medens den i 1899 fandtes enkeltvis til Schultz's Grund. Den er saaledes kun af Betydning i Nordsøen og Limfjorden. For Skager Raks Vedkommende vides fra anden Kant (f. Eks. Aurivillius 1898), at den i visse Aar kan optræde i stor Mængde ved den svenske Vestkyst.

I Kattegat og længere inde er den kun en Gæst, som er ret ofte, omend sparsomt, til Stede i den nordlige Del og aftager jo længere Syd paa man kommer. I de internationale Havundersøgelsers Plankton-Résumé har jeg (Ostenfeld 1912) behandlet dens Forekomst og Optræden i det internationalt undersøgte Omraade; den er ifølge disse Undersøgelser paavist saa langt ind i vore Farvande som i Store Belt, og Lohmann (1908) omtaler den som forekommende ved Kiel i November-December. Imidlertid er alle disse Angivelser indenfor Skagen at henføre til forbigaaende Indvandringer med den indgaaende salte „jydske Strøm“. *Noctiluca* har ikke hjemme i vore Farvande indenfor Skagen og formaar ikke at holde sig levende dèr; den maa hvert Aar indføres paany, og de store Vekslinger fra Aar til andet i dens Optræden skyldes netop dette Forhold.

Ved mine tidligere Undersøgelser af dens Optræden fandtes ogsaa, at den i det internationalt undersøgte Omraade havde sit Hjem i den sydlige Del af Nordsøen og i den engelske Kanal; fra dette Omraade som Udgangspunkt førtes den saa med Havstrømmene saavel mod Nord som mod Vest. Den nordgaaende Vandring er den, vi træffer ved Jyllands Vestkyst, hvor den hvert Efteraar er blandt de dominerende Planktonter, og derfra gaar den ind i Limfjorden, hvor den vel sagtens finder Forholdene saa gunstige, at den formerer sig stærkt; men det synes mig vanskeligt at afgøre, om dens „Opblomstring“ om Efteraaret dèr skyldes en permanent Stamme eller aarlig Tilførsel, dog er jeg tilbøjelig til at tro paa det sidste Alternativ. For ganske nylig har A. C. Johansen[1]) paavist, at den i de sidste Aar er bleven en fremtrædende Planktont i Ringkøbing Fjords Plankton, efter at denne Fjord ved

betyder Saltholdighed og angives pro mille (‰); Tallet i Parenthes angiver det Antal Prøver, hvorefter Middeltallene er beregnede, og naar intet tilføjes, har Organismen i alle disse Prøver været saa hyppig, at den har haft Hyppighedsangivelsen c eller cc; har dens Hyppighed kun været angivet ved Tegnene + eller r, er dette anført i Parenthesen.

[1]) A. C. Johansen: Om Forandringer i Ringkøbing Fjords Fauna (Mindeskrift for Japetus Steenstrup, København 1913). Heri omtales, at Planktonet i Fjorden, der tidligere var et Ferskvandsplankton, nu er Saltvandsplankton, hvori bl. a. findes *Noctiluca*, „der kan optræde med stor Hyppighed“ (p. 133).

den store Kanal gennem Hvide Sande er bleven en Saltvandsfjord. (Nu er den jo atter lukket og *Noctiluca* vel sagtens forsvundet).

Noctiluca er hos os (og forøvrigt i hele Nordsø-Kanal-Omraadet) en Efteraarsform. I de to paa Tabellen opførte Aar (1899—1900) er der en Del Forskel paa, hvornaar dens Blomstringsperiode begynder (Slutningen af Juli, resp. September), hvad der vel skyldes Variationer i den jydske Strøm; i 1898 begyndte Blomstringsperioden baade i Limfjorden og ved Tyborøn i Begyndelsen af August, hvorved Ulighederne mellem de to efterfølgende Aar noget udlignes; i det hele har dens Forekomst i vore Farvande i 1900 været usædvanlig ringe baade i geografisk og sæsonal Henseende. For Limfjordens Vedkommende har vi Oplysninger om dens Optræden i 1895 og 1896 i en Afhandling af Th. Mortensen (Smaa faunistiske og biologiske Meddelelser. I. Om Limfjordens Fauna, i Vidensk. Medd. f. naturh. For. i København 1897, p. 311 ff.). Forf. skriver heri (p. 317): „Det er kun nogle faa Maaneder, at den optræder i saa stor Mængde. I 1895 var det særlig i September og Oktober; det er altsaa heller ikke paa samme Tid hvert Aar, at den stærke Udvikling falder“. Disse Data stemmer godt med og supplerer fortræffelig vore andre Iagttagelser.

Noctiluca forsvinder helt af vort Plankton hen paa Vinteren og viser sig først næste Efteraar, medens den i den sydlige Del af Nordsøen og i Kanalen findes hele Aaret omend til Tider i meget ringe Mængde; dette tyder paa, at den ikke har hjemme hos os, men hvert Aar tilføres, saaledes at vi maa kalde den en allogenetisk Organisme.

Om *Noctiluca* er holoplanktonisk eller meroplanktonisk er ikke afgjort; men hidtil er ingen Hvilestadier kendte; dens udprægede „Opblomstring“ kunde tyde paa, at den besidder et Hvilestadium; medens paa den anden Side dens Forekomst i sin egentlige Hjemstavn i Planktonet til alle Aarets Tider tyder paa, at den er holoplanktonisk. Hos os er den en monakmisk Efteraarsgæst, der har sit Maksimum i August—November.

Den kræver en ret høj Temperatur og Saltholdighed til sin Trivsel, saaledes som ogsaa de ovenfor anførte Middeltal viser. Efter de internationale Undersøgelser faar vi endnu højere Middeltal, nemlig resp. 13,1° Tp. og 33,91 ‰ Salth., og disse sidste Tal, der er baserede paa 37 Observationer, svarer bedre end vore danske til de optimale Forhold, idet de mest stammer fra Prøver, tagne i Artens egentlige Hjemstavn.

Utvivlsomt skylder det dens Afhængighed af høj Saltholdighed, at den ikke naar længere ind i vore Farvande, og set fra vort Standpunkt maa den derfor kaldes stenohalin, derimod er den snarest eurytherm, omend med et højt Optimum for denne Faktor.

N. er — i Forhold til sin Størrelse — en ret graadig Organisme, som lever af Phytoplanktonter (Peridinéer, Flagellater og Diatoméer), hvis Skeletrester ofte findes i dens Indre.

Foruden de her nævnte 2 Flagellater forekommer der i vore Farvande sikkert en Række andre, hovedsagelig nøgne og smaa Former, der dels ikke fanges af Nettene dels er ukendelige i konserverede Prøver, og som derfor Undersøgelserne intet har kunnet oplyse om. I LOHMANN's grundige Undersøgelse (1908) fra Kieler Bugt omtales nogle saadanne, og da det er rimeligt, at disse Former ogsaa forekommer i vore Farvande, anføres de her:

Oxyrrhis phæocysticola Scherffel, der først er fundet i det indre af Kolonier af *Phæocystis globosa* og ogsaa forekommer i *Ph. Pouchetii* (iagttaget ved Færøerne af Forf.), findes efter LOHMANN ogsaa frit i Vandet. Det er en ret stor nøgen Flagellat. Den var hyppigst i Kieler Bugt i Marts og manglede i November—Februar samt i Juli.

Calycomonas, med to Arter *C. gracilis* Lohm. og *C. globosa* Lohm., er en Flagellat-Slægt, der har et farveløst Plasma indesluttet i et bægerformet Hylster og bærer en enkelt Svingtraad. Det er meget smaa Organismer, der synes at være hyppigst om Sommeren.

Endelig omtaler LOHMANN, at adskillige, ikke nærmere bestemte nøgne Flagellater fandtes i ret rigelig Mængde i Kieler Bugt.

B. Sarcodina.

1. Rhizopoda.

Nøgne Amøber kan findes i Planktonet, men kun undtagelsesvis og ikke i Mængde. (LOHMANN 1908).

2. Heliozoa.

I 1904 paavistes for første Gang, at Heliozoer kunde optræde som marine Planktonter; tidligere havde man kun kendt dem som Ferskvandsplanktonter og som Bundorganismer. Det var netop ved Undersøgelser af de danske Farvandes Plankton, at jeg traf paa to Organismer, der utvivlsomt hørte til Heliozoerne og som jeg beskrev i en lille Afhandling (OSTENFELD 1904). Senere er de samme Organismer blevne behandlede af MIELCK (1913), ligesom de er medtagne i CLARA HAMBURGER's Oversigt over *Sarcodina* i „Nordisches Plankton“. Idet jeg henviser til denne Literatur, skal jeg hovedsagelig omtale deres Optræden i vore Farvande.

Acanthocystis pelagica Ostf.

I Undersøgelsesaarene (1898—1901) er denne Organisme kun fundet i 1900 (men i de foregaaende Aar er den rimeligvis bleven oversét), nemlig i Oktober, og November i Nordsøen udfor Tyborøn og ved Skagens Rev, og i September og Oktober i Limfjorden ved Nykøbing. Senere er den i vore Farvande fundet adskillige Gange i Skager Rak og det nordligste Kattegat; endvidere er den ifølge de internationale Planktonkataloger (1906 og 1909) iagttaget i den østlige Del af Nordsøen,

og jeg har set den i Plankton fra Horns Rev. Den synes saaledes at være indskrænket til et forholdsvis ringe Omraade; men fremtidige Undersøgelser vil dog sandsynligvis udvide dette til at omfatte større Dele af Nordsøen, selvom den rimeligvis maa betragtes som en neritisk Form.

Den optræder i Efteraarsplankton (monakmisk) og er blot fundet i Tiden mellem September og November.

Øjensynlig har den sit Hjem i det østlige Parti af Nordsøen og føres derfra med den jydske Strøm ind i Skager Rak og Kattegat, hvor den imidlertid snart gaar til Grunde, rimeligvis paa Grund af den ringere Saltholdighed.

I større Mængde optræder den ikke; den er i Almindelighed angivet som sjælden (r og rr), blot en enkelt Gang som mere talrig (+).

Rhaphidiophrys marina Ostf.

Hamburger (1913, p. 205) antager, at denne Art rimeligvis („wohl sicher") er identisk med Ferskvands-Arten *R. pallida* Schultze, med hvilken Art jeg ogsaa har anført, at den er nærmest beslægtet. Imidlertid er det sikkert bedst at holde disse to Arter adskilt, indtil nyere Undersøgelser foreligger. *R. pallida* har sine Kiselnaale ordnede i Bundter, medens de hos *R. marina* er jævnt fordelte paa Organismens Overflade, og at denne Forskel skulde skyldes den Omstændighed, at det af mig undersøgte Materiale var konserveret, synes mig ikke umiddelbart indlysende.

R. marina har en lignende Forekomst som *Acanthocystis*. I Undersøgelsesaarene (1898—1901) er den ikke iagttaget, sandsynligvis fordi den har været oversét, da den ikke er saa iøjnefaldende (den bestaar af et kugleformet Legeme med en noget ujævn, lidt frynset Overflade, til hvilken Fremmedlegemer, Sandkorn og lign., let hæfter sig). Senere har jeg fundet den ved Horns Rev og ved Skagens Rev (Ostenfeld 1904). Mielck (1913) angiver som dens Udbredelsesomraade hele den sydlige og østlige Del af Nordsøen, samt, efter de engelske Planktonundersøgelser (Planktonkataloger 1906, 1909; Gough 1905—07) den vestlige Del af Kanalen mellem 1° og 5° V. L.; og endelig har han en enkelt Angivelse af dens Forekomst vest for Shetland og en anden ved den sydlige Indgang til den irske Sø; hvorvidt disse sidste Angivelser er korrekte, maa staa hen. Foreløbig bør man vistnok indskrænke sig til at sige, at dens Udbredelsesomraade hovedsagelig omfatter den engelske Kanal og den sydøstlige Side af Nordsøen. Sandsynligvis er den en Kystform, som føres nordpaa langs Jyllands Vestkyst med den jydske Strøm og standses i det nordlige Kattegat af det mindre salte baltiske Vand.

Hvad dens sæsonale Optræden angaar, da er den en Senhøsts-Form, der har sit Maximum i Oktober—November og ved den jydske Halvøs Vestkyst er fundet i Tiden mellem September og Marts, samt af Mielck ogsaa i Juni—Juli ved Helgoland (mon Forløbere for Efteraarsblomstringen?). Den kan til Tider optræde i ret stor Mængde i Planktonet (Hyppighedsgrad c).

Efter de hidtil forhaandenværende Data maa den betragtes som stenohalin, men eurytherm.

Rimeligvis har den, saavel som *Acanthocystis*, en Hvileperiode, under hvilken de ikke forekommer i Planktonet, men snarere ligger paa Havbunden. Herom er imidlertid intet kendt, og denne Formodning støtter sig hovedsagelig til disse Heliozoers sæsonale Optræden, samt til Analogier hentede fra andre Organismers Maade at optræde paa.

3. Taxopoda.

Denne afvigende Protozogruppes eneste Repræsentant er:

Sticholonche zanclea Hertwig.

Der er ganske vist beskrevet mere end een Art af Slægten *Sticholonche*, men foreløbig foreligger der efter min Mening ikke tilstrækkelige Data til at begrunde en Adskillelse i flere Arter, selvom det er muligt, at fremtidige Undersøgelser vil kunne gennemføre en saadan Deling.

Organismen, hvis systematiske Stilling er meget usikker, anbringes her efter *Heliozoa;* den har ogsaa været ført til *Radiolaria* og kan maaske passende have sin Plads mellem disse to Grupper. Dyrets skævt-ovale Legeme er besat med Knipper af lange, skulpterede Kiselnaale. Disse Kiselnaale, der har en vis Lighed i Form med et Spermatozo og i Skulptering med en Diatomé, har været betragtet som selvstændige Organismer og beskrevet som saadanne, nemlig som Diatoméer. Saaledes har LEUDUGER-FORTMOREL beskrevet dem under Navnet *Spermatogonia antiqua*, og G. KARSTEN (1905—07) under Navnet *Sceptroneïs Victoriae*. Det er vist CLEVE, som først har gjort opmærksom paa det rette Forhold; senere har bl. a. ogsaa VAN HEURCK (Voyage du S.Y. Belgica, Botanique, Diatomées, 1909, p. 51) paapeget, at en Tegning paa en af hans egne Plancher ikke forestillede en Diatomé, men en Kiselnaal af *Sticholonche*.

Sticholonche har en meget vid Udbredelse i Verdenshavene og vil sandsynligvis efterhaanden blive fundet overalt i Havet, hvor Temperaturen ikke er altfor lav, og hvor oceaniske Forhold hersker. Det synes nemlig at være en oceanisk Form, der dog kan føres langt med Strømmene og komme ind i Kysthavenes Plankton. Den er foreløbig kendt fra mange vidt adskilte Steder i det atlantiske Ocean lige fra det sydlige antarktiske Omraade til det kariske Hav, endvidere fra Middelhavet og det malayiske Arkipelag.

I vore Farvande er den ikke iagttaget (oversét?) i Undersøgelsesaarene 1898—1901, men senere har jeg fundet den; saaledes er den ifølge de internationale Planktonkataloger (1906, 1909) opført fra Nordsøen, Skager Rak og det nordlige Kattegat adskillige Gange, men altid kun i ringe Mængde. For Skager Raks og Kattegats Vedkommende drejer det sig dog ikke om ret mange Angivelser, specielt for Kattegat kun om 3; af disse hidrører den sydligste fra Farvandet øst for Læsø paa 57° 15′ N. Br.

Angivelserne falder paa Vinterhalvaaret (November og Februar), til hvilken Tid flest oceaniske, fremmede Former er iagttagne i Skager Rak. Uden Tvivl er *Sticholonche* ført med Strømmen nord om de britiske Øer ind i Nordsøen og videre

ind i Skager Rak og det nordlige Kattegat, hvor dens Fremtrængen standses af det baltiske Vand. Den er saaledes i sin Optræden analog med *Halosphæra*, hvis generelle Udbredelse ogsaa er en lignende; men den er meget sjældnere end denne.

4. Radiolaria.

De talrige Radiolarier, som kendes fra marint Plankton, hører næsten alle hjemme i de aabne Oceaner — det er oceaniske og holoplanktoniske Former —, og de fleste af dem optræder i de dybere Vandlag. Det var saaledes a priori ikke at vente at finde mange Arter i vore lidet dybe Kystfarvandes Plankton, og det har heller ikke vist sig at være Tilfældet. Der kendes imidlertid en hel Række Arter fra det dybe Parti af Skager Rak, og, som naturligt er, føres en Gang imellem nogle af disse med den indgaaende salte Understrøm ind i vore Farvande, d. v. s. ind i det lavere Parti af Skager Rak og den dybere nordlige Del af Kattegat.

En Undtagelse fra denne Regel, at Radiolarierne helst lever i de dybere Vandlag, er dog Acantharierne, som er Overfladedyr, der gærne indeholder symbiotisk levende, gule, kulsyre-assimilerende Celler, saakaldte Zooxantheller; og det er faktisk ogsaa den Gruppe af Radiolarier, der hyppigst findes i vore Farvandes Plankton.

Desværre er netop Acanthariernes Systematik meget vanskelig, og vort Kendskab til disse Organismer i høj Grad ufuldkomment, saaledes at det er umuligt for Tiden at give en paalidelig Liste over de herhen hørende, i vore Farvande forekommende Arter. I endnu højere Grad var vor Viden om disse Organismer ufuldstændig, den Gang Prøverne fra Undersøgelsesaarene 1898—1901 blev undersøgte; jeg har derfor maattet nøjes med Angivelse af Forekomst af Acantharier i Almindelighed uden Slægts- eller Arts-Bestemmelse; og det saa meget desto mere, som jeg ikke har viet Radiolarierne noget særligt Studium. Endnu i 1913 har W. Mielck ved sin indgaaende Behandling af Acanthariernc til de internationale Havundersøgelsers Plankton-Oversigt ogsaa maattet indtage det Standpunkt at behandle hele Gruppen under eet, idet de forskellige Landes Bestemmelser af denne Gruppes Former enten var ufuldstændige eller i alt Fald ikke fuldt paalidelige.

I det følgende omtaler jeg de faa Data, jeg har fra Undersøgelsesaarene (1898—1901) og senere fra de internationale Planktonundersøgelser, for saa vidt de vedrører Kattegat og den danske Del af Skager Rak. Desuden opfører jeg de Arter, der ifølge de internationale Planktonkataloger og Mielck's derpaa hvilende Arbejde angives fra Skager Rak som nogenlunde hyppige Organismer, idet jeg formoder, at i det mindste nogle af disse ogsaa vil kunne — undtagelsesvis — trænge ind i den dybere nordlige Del af Kattegat.

a. Acantharia.

I Undersøgelsesaarene er Acantharier kun angivne som fundne i Prøverne fra Anholt Knobs Fyrskib i Juni 1899, Febr. 1900 og Oktob. 1900; men at der ikke findes flere Angivelser, beror sikkert blot derpaa, at de forekommende Former, da jeg ikke har kunnet bestemme dem til Art, ikke er blevne opførte paa Listerne.

De internationale Planktonkataloger (1906, 1909) angiver særdeles ofte Acantharier fra den danske Del af Skager Rak og fra Kattegat, ja, en enkelt Gang endog saa langt ind som i Beltsøen (Fehmern Belt). I MIELCK's Bearbejdelse af disse Data (l. c., p. 340–342, 353) sammenfattes Forekomsten af Acantharier i de danske Farvande i følgende Ord (p. 353): „Im Kattegat nimmt naturgemäss die Regelmässigkeit des Auftretens von Norden nach Süden ständig ab. Nördlich von Laesö im Eingange des Kattegat kamen noch an 52 % der Untersuchungen Acantharien vor, östlich von Laesö und Anholt an 18 % und zwischen Anholt, Seeland und Samsö 7 %. Dass die in den tieferen Schichten von Norden vordringenden Wassermassen gelegentlich noch weiter, bis in die Beltsee hinein, Acantharien mitführen können, beweist ein Fund an Stat. Da 32 bei Fehmarn Belt Feuerschiff. Das jahreszeitliche Vorkommen in den dänischen Gewässern erscheint gegen das im Skagerak verschoben, indem die geringste Verbreitung hier nicht im Mai sondern August, die weiteste nicht im November sondern Februar konstatiert ist. Die vertikale Verbreitung im Eingange des Kattegat passt sich unseren Befunden für das Skagerak an. Die Weite der hydrographischen Grenzen, innerhalb welcher Acantharien ihr Leben zu fristen vermögen, wird aus den Funden in den dänischen Gewässern besonders deutlich."

De Arter, det her drejer sig om, er i første Række *Zygacanthidium echinoide* (Clap. et Lachm.) og *Acanthometron pellucidum* J. Müll. I anden Række bør følgende nævnes, der oftere er fundne i Skager Rak, men ikke er angivne fra Kattegat, hvor de dog maa formodes til Tider at kunne findes, i alt Fald i den nordlige Del: *Acanthochiasma Krohni* Hckl., *A. fusiforme* Hckl., *Acanthometron Mülleri* Hckl., *Zygacanthidium pallidum* (Clap. et Lachm.) og *Litholophus* sp. Foruden disse er en Del andre Acantharier enkelte Gange fundne i Skager Rak; men paa Grund af deres Sjældenhed er der kun ringe Sandsynlighed for, at de skulde forvilde sig ind i vore Farvande, og derfor forbigaar jeg dem her.

b. Spumellaria.

Af denne Gruppe er ingen Arter fundne i Kattegat eller den danske Del af Skager Rak, men derimod en hel Række i det dybe Skager Rak. De hyppigste af disse — og følgelig dem, man snarest kan vente at finde i vore Farvande — er ifølge de internationale Planktonkataloger følgende: *Chromyechinus borealis* (Cleve) Jörg., *Echinomma leptodermum* Jörg., *Hexaconthium entacanthium* Jörg., *H. pachydermum* Jörg., *Phorticium pylonium* (Hckl.) Cleve og *Rhizophlegma boreale* (Cleve) Jörg.

c. Nassellaria.

En Art af denne Gruppe, *Plagiacantha arachnoides* Clap. et Lachm., hører biologisk set sammen med Acantharierne, idet den er en Overfladeorganisme; og den er følgelig ogsaa oftere fundet i vore Farvande. I Undersøgelsesaarene er den — ligesom Acantharierne — kun angivet fra Anholt Knob, hvor den noteredes i Oktober og November 1899; men som det ogsaa fremgaar af de internationale Plank-

tonundersøgelser, er den utvivlsomt langt mere udbredt i vore Farvande, især i Skager Rak og det nordlige Kattegat. Ifølge MIELCK (l. c., p. 328) gaar den i Almindelighed ikke længere ind i vore Farvande end til Læsø og Anholt Knob, men i den nordlige Del „wird sie jedoch ziemlich regelmässig angetroffen und zwar im November und Februar vornehmlich an der Oberfläche, an den übrigen Terminen in der Tiefe, naturgemäss jedoch auf tiefere Schichten beschränkt, je weiter wir südlich vordringen". Han omtaler, at dens Maximum i Kattegat ligger i Februar og i Skager Rak i November, hvad der stemmer vel med den Tanke, at den føres ind i vore Farvande med indtrængende Nordsøvand.

Foruden *Plagiacantha* er der i Skager Rak ved de internationale Planktonundersøgelser og ved tidligere Undersøgelser fundet adskillige andre Nassellarier, af hvilke en Art, *Lithomelissa setosa* Jörg., en enkelt Gang er truffet saa langt inde i vore Farvande som ved Indgangen til Store Belt (Nov. 1903) og endvidere nord for Skagen. De andre fra Skager Rak angivne Arter er meget sjældne dèr og kan næppe forventes at findes i vore Farvande. Maaske kan det dog blive Tilfældet med *Plectacantha oikiskos* Jörg,

d. Tripylea.

Til denne Gruppe hører to vidt udbredte atlantiske Arter, der ret regelmæssig forekommer i det dybe Skager Rak, og som kan forventes undtagelsesvis at føres ind i de danske Farvande, nemlig: *Challengeron diodon* Hckl. og *Protocystis tridens* Hckl. Den første af disse er fundet helt ind i Gullmarfjorden i Bohuslän, og den sidste blev i Undersøgelsesaarene fundet een Gang (21. Aug. 1898) i Skager Rak paa en Station (48), som laa 33 Kvartmil N.t.V.½V. for Skagens Fyrskib; den forekom dèr sparsomt (rr) i Prøven fra 180—100 M.'s Dybde.

5. Foraminifera.

De fleste Foraminiferer er jo Bunddyr, som lever i Havbundens Sand eller Dynd, men enkelte af dem er velkendte Planktonorganismer, af hvilke i alt Fald een, *Globigerina bulloides* d'Orb., spiller en stor Rolle i oceanisk Plankton. Denne Organisme er ikke fundet i de danske Farvande i Undersøgelsesaarene og, saa vidt jeg véd, heller ikke senere; men da den forekommer i Nordsøen og det aabne Skager Rak (AURIVILLIUS 1898), vil den muligvis undertiden kunne paatræffes i det nordlige Kattegats Plankton.

I en Afhandling om dens Forekomst i Nord-Atlanterhavet og tilstødende Farvande har jeg (OSTENFELD 1912, p. 296) opgjort vor Viden om dens Optræden i de nærmest Danmark liggende Farvande i følgende Sætninger: „*Gl. b.* is a widely distributed oceanic plankton organism having its habitat chiefly in the warm and temperate parts of the ocean waters, but which can, owing to its great floating-power, be carried considerable distance by currents . . . . . ; it is found . . . . . in the northern part of the North Sea as far south as about 57° N.Lat. . . . . . It is . . . . . absent from all the regions where coastal influence is especially strong:

the eastern part of the Channel, the central and southern parts of the North Sea, the Kattegat and the Baltic.“

Det vil heraf ses, at selvom *Globigerina* skulde findes i de danske Farvande, vil den kun være en sjælden Gæst, som hurtig vil forsvinde igen, da den ikke kan leve i Kystvand.

C. Ciliata (*Infusoria*).

De fleste Afdelinger af de ciliate Infusoriers store Gruppe er af ringe Betydning for det marine Plankton, idet de herhen hørende Protozoer er knyttede til Kysten, særlig til Kystens Bundaflejringer og Plantevækst. Der er dog een Afdeling, Tintinniderne, som saa at sige udelukkende bestaar af pelagiske Former, og som kan være rigt repræsenteret — baade i kvalitativ og kvantitativ Henseende — i Planktonet i vore Farvande. De udgør derfor Hovedparten i efterfølgende Behandling af de danske Farvandes ciliate Planktoninfusorier.

Foruden dem findes der indenfor flere af de andre Afdelinger enkelte Planktonformer, som vil blive omtalt i det følgende; men desværre er vort Kendskab til de ciliate Planktonprotozoer langt fra saa fuldstændigt som ønskelig. Dette hænger sammen med, at Undersøgelserne af vort marine Plankton hovedsagelig har været drevet paa konserveret Materiale, og i konserveret Stand er de fleste af de ikke hylsterbærende Former ukendelige. Her er et rigt og sikkerlig taknemmeligt Felt for fremtidige Undersøgelser; men Studiet bør baseres paa levende Materiale.

1. Holotricha.

Tiarina fusus (Clap. et Lachm.) Bergh.

I 1880 opstillede R. S. Bergh en ny Infusorieslægt *Tiarina* paa en Organisme, som Claparède og Lachmann havde beskrevet som *Coleps fusus;* de havde fundet den fritsvømmende i Nordsøen. Bergh fandt den ogsaa fritsvømmende, nemlig i Lille Belt i August Maaned, hvor den da „erholdtes i store Masser ved pelagisk Fiskeri lige i Vandets Overflade“.

Denne Organisme synes at forekomme ret regelmæssig i vore Farvande i Sensommer- og Høsttiden, men er vist ofte oversét eller ikke erkendt som saadan, da den ved Konserveringen mister adskilligt af sit karakteristiske Udseende.

I Undersøgelsesaarene er den blot noteret i 1900, nemlig fra Limfjorden i November, fra Skagens Revs Fyrskib i Oktober og fra Læsø Rende i November, og i ingen af Prøverne var den hyppig. I de internationale Planktonkataloger 1906, 1909) opføres den nogle Gange om Efteraaret fra Kattegat, Skager Rak og Nordsøen, samt i een Prøve fra Beltsøen (Aug. 1904); og i Bull. planktonique (1908—11) angives den at forekomme i Nov.—Dec. 1910 og Aug., Sept., Nov. og Dec. 1911 ved Anholt Knob. Lohmann (1908) omtaler den fra Kieler Bugt, hvor den forekom i Maanederne September—November, med Maximum i Oktober. Iøvrigt ken-

der jeg den vel fra Planktonprøver fra det tempererede Nord-Atlanterhav, hvor den kan være ret hyppig, og har ogsaa set den i det tropiske Atlanterhav. Sidstnævnte Sted har jeg paa levende Materiale iagttaget, at den indeholder symbiotisk levende Zooxantheller paa lignende Maade som mange Radiolarier.

Dens Optræden i vore Farvande og tilgrænsende Omraader falder alene paa Efteraarsmaanederne, og denne Omstændighed, samt dens vide Udbredelse i det tempererede og varme Nord-Atlanterhav, synes mig, tyder paa, at den hos os er en Gæst, en af de mange „sydlige“ Former, som om Efteraaret føres ind med det indgaaende salte Vand, og som ikke formaar at leve her.

Dens Udviklingshistorie er ikke kendt, men dens Optræden ude i det aabne Ocean gør det sandsynligt, at den er en holoplanktonisk Organisme.

I Lohmann's store Arbejde (1908) om Kieler Bugtens Plankton omtales et Par andre holotrike Infusorier, som kan ventes at forekomme i vore Farvandes Plankton, og som jeg derfor skal nævne, nemlig *Didinium nasutum* (O. F. Müll.) Stein, der kun i ringe Mængde fandtes i Planktonet (med Maximum i Maj Maaned), og som vist er en ogsaa hos os almindelig Kystform; den er jo i sin Tid beskrevet fra Danmark af O. F. Müller i hans „Animalcula Infusoria“ (1786).

Vigtigere for Planktonet synes *Mesodinium rubrum* (Lohm.) Hamburger et v. Buddenbrock, 1911, p. 26 (Syn. *Halteria rubra* Lohm., 1908, p. 303) at være, idet den optræder i større Mængde og findes hele Aaret rundt i Kieler Bugt; dens Maximum indtræffer i Oktober. Særlig ejendommelig for den er Tilstedeværelsen i dens Krop af smaa røde pladeformede Kromatoforer, der efter Lohmann's Mening (l. c., p. 304) maa opfattes som Kromatoforer af en i Dyret symbiotisk levende encellet Alge.

Muligt er det, at Lohmann's Art blot er en ved Symbiosen forandret Form af den vidt udbredte Kystart *M. pulex* (Clap. et Lachm.) Stein, som er kendt fra Havkysterne af hele Europa.

Lohmann's Tabel (l. c., p. 292) viser endvidere, at ogsaa *Lacrymaria*-Former kan findes i ringe Mængde i Planktonet.

2. Oligotricha.

Til Gruppen *Oligotricha* hører foruden Tintinniderne nogle Infusorier, der omtales af Lohmann (1908) i hans store Arbejde. Saaledes er *Strombidium*-Former opført som Planktonter, men de synes dog ikke at være af nogen Betydning som saadanne.

Laboea Lohm.

Ægte Planktonformer er derimod nogle Tintinne-lignende Organismer, som Lohmann (l. c., p. 298—303, Tab. 17, fig. 14, 18—20) beskriver og afbilder som Repræsentanter for en ny Slægt *Laboea;* de udmærker sig ved en oftest konisk Skal, der er i fast Forbindelse med Dyrets Legeme og ikke som hos Tintinniderne et særligt Hylster, i hvilket Dyret sidder frit, blot fæstet til Indersiden paa et Punkt.

Der beskrives 3 Arter, af hvilke navnlig een, *L. conica* Lohm., til Tider var talrig til Stede i Kieler-Bugtens Plankton; den havde sit Maximum i April og et sekundært Maximum i August—September. En anden Art, *L. strobila* Lohm., var betydelig sjældnere; dens Maximum var i September, med sekundært Maximum i Maj. Den tredje Art, *L. globosa* Lohm., er kun fundet i faa Exemplarer i Maj og August. Alle Arter er saaledes diakmiske, ligesom saa mange Plankton-Diatomeer, og rimeligvis forholder de sig biologisk ligesom disse, d. v. s. de er neritiske Former, der overlever de ugunstige Perioder paa Bunden, vel sagtens med et særligt Hvilestadium (Hvilecyster?). Disse *Laboea*-Arter vil sikkert findes i Planktonet saavel i Beltsøen som i Kattegat, og det skyldes sandsynligvis udelukkende ufuldstændige Iagttagelser, at de ikke allerede er konstaterede her. H. H. GRAN (1912, Tabel IV) opfører *Laboea strobila* og „*Laboea*, other species“ fra nogle Prøver samlede i Skager Rak i Juni 1911.

Tintinnoidea.

Som berørt i Indledningen spiller flere Tintinnider en ret vigtig Rolle i det marine Plankton, ja, til Tider kan de endog være kvantitativt talrigt til Stede. I Almindelighed er dog dette ikke Tilfældet; men i mindre Mængde træffes de derimod i næsten enhver Planktonprøve.

Vort Kendskab til Arternes Variationsevne er kun ringe, og derfor bliver Bestemmelsen af mange Former usikker eller vanskelig. Endnu daarligere stillede Forholdene sig, den Gang det her behandlede Materiale blev mikroskopisk undersøgt, thi da var Literaturen vedrørende de nordiske Tintinnider meget mager; det vigtigste Værk, jeg havde at støtte mig til, var DADAY's Monografi (1887), som hovedsagelig var baseret paa Middelhavets Tintinnidefauna; hertil kom MÖBIUS's Liste fra Belthavet, Kattegat og Nordsøen (1887). Siden den Tid har K. BRANDT (1906—07) udsendt en stor og udførlig Monografi, som, foruden en meget indgaaende Tekst, indeholder et rigt og smukt Billedmateriale af meget stor Værdi; endvidere har et Par af BRANDT's Elever publiceret Afhandlinger om Tintinnider (LAACKMANN 1905, MERKLE 1909). Hertil kommer, at Nordmanden E. JØRGENSEN i flere vigtige Afhandlinger (1899, 1900, 1905, 1912) har behandlet nordiske Tintinnider indgaaende, foruden at CLEVE i de fleste af sine Planktonafhandlinger ogsaa opfører de af ham iagttagne Tintinnider. Der er saaledes vokset en hel ny Literatur op, og derved er mine Bestemmelser blevne forældede, i alt Fald for flere Slægters Vedkommende. Noget har dette kunnet afbødes ved at sammenligne Literaturen med de Notitser, som jeg har nedskrevet ved Undersøgelsen, men i flere Tilfælde har jeg maattet melde Pas og nøjes med Slægts- eller Gruppe-Bestemmelser.

Den efterfølgende Behandling af de danske Farvandes Tintinnider er derfor ikke fuldkommen. Til Undskyldning kan maaske tjene, at endnu er Opfattelserne af Formernes systematiske Rang indenfor Slægterne — ja, forøvrigt ogsaa Slægtbegrænsningerne — meget svævende; hver Forfatter har sin fra de andre afvigende Opfattelse. Der er saaledes langt igen, inden disse Protozoers Systematik kan siges

at være blot nogenlunde afklaret. Dette gælder særlig Slægten *Tintinnopsis*, samt Grupper af Former indenfor Slægten *Cyttarocylis*.

Af Bekvemmeligheds Hensyn følger jeg med Hensyn til Slægternes Begrænsning Brandt's Monografi, uden dermed at ville angive, at jeg anerkender den deri valgte Afgrænsning for den rette. Herved bliver Slægten *Amphorella* optaget i *Tintinnus* og *Leprotintinnus* i *Tintinnopsis*. Derimod foretrækker jeg en anden Rækkefølge af Slægterne.

For Fuldstændighedens Skyld nævner jeg alle de Arter, der siden Undersøgelsesaarene er fundne i vore Farvande, og hvis Forekomst er publiceret dels i de internationale Havundersøgelsers Tabeller (Plankton Kataloger 1906, 1909, Bulletin planktonique 1908—11), dels i spredte Afhandlinger af forskellige Forskere.

Dictyocysta elegans Ehbg.

Denne smukke lille Tintinnide er vidt udbredt i det tempererede Atlanterhav. Den kendes ikke fra vore Farvande og kan næppe heller leve her, da den fordrer højere Saltholdighed; men dens tomme Hylster er af Hensen (1890) blevet fundet een Gang i Østersøen, og endvidere er Arten een Gang — vel sagtens ogsaa blot et tomt Hylster — blevet iagttaget af Cleve (1900 a) i Skager Rak. Brandt (1910) antager, at den ikke kan leve i Vand af under 34‰ Saltholdighed, hvorfor han anser dens Forekomst, endogsaa undtagelsesvis, i Skager Rak for „höchst unwahrscheinlich", og jeg omtaler den blot her for Fuldstændighedens Skyld.

Tintinnus acuminatus Clap. et Lachm.

Denne Art forekommer ret udbredt i vore Farvande, men aldrig talrig. I Undersøgelsesaarene er den truffet ret ofte ved Skagens Revs Fyrskib og ved Anholt Knob, d. v. s. paa de to Stationer, hvor Kystens Indflydelse gør sig mindst gældende, hvad der viser hen til Artens oceaniske Karakter. Enkelte Gange er den noteret fra Læsø Rende, i Aalborg Bugt, fra Schultz's Grund, i Store Belt og Øresund, samt Lille Belt. Den synes at mangle i Limfjorden og i den egentlige Østersø (udfor Rødvig er den saaledes ikke fundet i Prøverne, og der findes heller ikke andre Angivelser af dens Forekomst øst for Gedser-Darsserort Tærskelen).

Forekomsten i Undersøgelsesaarene stemmer godt med, hvad vi ellers véd om dens Optræden i vore og de tilgrænsende Farvande. Brandt (1907) og Lohmann (1908) omtaler den fra Kieler Bugt, Aurivillius (1898) og Cleve (1905 a) fra Skager Rak, og ifølge de internationale Plankton-Kataloger (1906, 1909) forekommer den i Skager Rak, Kattegat og Beltsøen. Iøvrigt er det en vidt udbredt Organisme af nordlig-oceanisk Karakter (se Brandt 1907).

T. acuminatus er en Art, som forekommer til næsten alle Aarets Tider, og som ikke danner udprægede Maxima, hvormed vel staar i Forbindelse, at den ikke optræder massevis. Lohmann (1908, p. 295) har fundet, at den havde Maximum (i 1905—06) i Kieler Bugt i August—September og vedblev at være ret talrig i Planktonet indtil i Februar; Brandt (1907, p. 387) gør opmærksom paa, at dens sæsonale

Forekomst varierer fra Aar til Aar, dog er Arten mest regelmæssig tilstede i Aarets sidste Halvdel; noget lignende fremgaar ogsaa af CLEVE's (1905a) Angivelser. Hermed stemmer ogsaa mine Optegnelser fra de danske Farvande, saavel i Undersøgelsesaarene som senere. Af 46 Angivelser falder de 21 paa Oktob.—Dec., 12 paa Juli—Sept., 12 paa Jan.—Marts og kun 1 paa April—Juni. Arten er saaledes hyppigst om Efteraaret og Vinteren og mangler, praktisk set, om Foraaret og Forsommeren.

Hvorvidt *T. acuminatus* er endogenetisk i vore Farvande eller allogenetisk, er ret vanskeligt at afgøre paa vor Videns nuværende Standpunkt. Dens nordlig-oceaniske Karakter og dens Forekomst, især paa de mindst kystpaavirkede Steder, tyder paa en Indvandring, medens paa den anden Side den lange Tid, i hvilken den optræder i vort Plankton, kan udlægges til Fordel for dens Hjemmehøren her, hvis den da ikke er meget modstandsdygtig overfor Forandringer i ydre Kaar. Yderligere Studier vil imidlertid være nødvendige, før man udtaler sig bestemtere om dette Spørgsmaal. Derimod er det øjensynligt, at den er holoplanktonisk, og Hvilestadier kendes heller ikke.

Tintinnus Steenstrupii Clap. et Lachm.

Syn.: *Amphorella Steenstrupii* Daday.

Denne karakteristiske Art er ikke videre hyppig i vore Farvande, og den forekommer i Undersøgelsesaarene kun i de ydre af disse, nemlig Nordsøen, Limfjorden, Skager Rak og Kattegat. I Limfjorden er den iøvrigt blot iagttaget een Gang (Nov. 7, 1899) og er rimeligvis ført ind fra Nordsøen med indgaaende Strøm. For Skager Raks og det nordlige Kattegats Vedkommende foreligger der en Række Fund, der alle, med 2 Undtagelser, falder paa Maanederne Juli—September, altsaa Eftersommeren. Angivelserne aftager i Mængde efterhaanden som man kommer ind i Kattegat, og *T. Steenstrupii* er utvivlsomt en oceanisk Art, som føres ind i vore Farvande med Strømmen fra Nordsøen, men ikke er i Stand til at vedligeholde sig her.

Udenfor den regulære Forekomst om Eftersommeren ligger to Angivelser (Febr. 17, 1899 og Jan. 19, 1901) fra Skagen, begge med Hyppighedsgraden rr. Sandsynligvis drejer det sig her blot om tomme Hylstre, der har holdt sig svævende i Vandet, efter at Dyret selv var dødt og opløst.

For Skager Raks Vedkommende foreligger Angivelser hos AURIVILLIUS (1898) og CLEVE og i de internationale Planktonkataloger (1906, 1909), hvorefter den optræder regelmæssig i Aarets sidste Halvdel (Juli—December), i god Overensstemmelse med vore Iagttagelser. Ifølge disse stopper dens Indvandring ved Anholt Knob, men BRANDT (1907, p. 438) har fundet den helt ind i Kieler Fjord (Okt. 1891), hvor den ogsaa efter LOHMANN (1908, p. 295) skal forekomme regelmæssig om Efteraaret.

Jeg betragter *Tint. Steenstrupii* som en tempereret, oceanisk Form, der i vore Farvande kun er en Gæst, og som kræver ret høj Temperatur for sin Trivsel.

Tintinnus norvegicus (Daday) Brandt.
Syn.: *Amphorella norv.* Daday; *Cyttarocylis norv.* Jørg.

Denne lille Art, der hører til i det nordlige Atlanterhav, føres undertiden med oceanisk Vand ind i Skager Rak og kan undtagelsesvis endog komme ind i Kattegat; saaledes er den fundet ved Anholt Knob i 1911 (15. Juni).

Den maa hos os betragtes som en meget sjælden, nordisk Gæst og er slet ikke noteret fra vore Farvande i Undersøgelsesaarene; ej heller opføres den herfra i de internationale Planktonkataloger (1906, 1909), ifølge hvilke den ikke saa sjælden naar ind i det aabne Skager Rak. Det er en nordlig, oceanisk Art. Dens ringe Størrelse lader den passere gennem Silkegazens Masker, saaledes at Netfangster altid er meget ufuldstændige for dens Vedkommende.

Tintinnus amphora Clap. et Lachm., var. *quadrilineata* (Clap. et Lachm.) Brandt.
Syn.: *Amphorella quadrilineata* Jørg.

Brandt (1907, p. 434) anfører denne Art fra Kattegat (Oktober); ellers foreligger der ingen Angivelser om dens Forekomst i vore Farvande. Det er en tempereret, oceanisk Art, som undertiden kommer ind til Norges Vestkyst (Jørgensen); det er derfor rimeligt, at den ogsaa en enkelt Gang kan være ført med Strømmen ind i Kattegat fra Nordsøen og Skager Rak; men ejendommeligt er det, at der ingen Angivelser foreligger fra disse to Farvande.

Tintinnus Jørgensenii (Cleve).
Syn.: *Codonella Jørgensenii* Cleve; *Amphorella Jørgensenii* Fauré-Fremiet;
Tintinnus urceolatus Brandt ex parte, non Ostenfeld;
T. mediterraneus (?) Ostenfeld 1913 a, non Mereschkowsky.

I Planktonprøverne fra Limfjorden ved Nykøbing fandtes i Undersøgelsesaarene en lille Tintinnide, som jeg den Gang med nogen Tvivl henførte til *T. mediterraneus* Mereschkowsky (Ann. and Magaz. Nat. Hist., 5 Ser., vol. 7, 1881, p. 211, tab. 12, figs. 1 and 2). Vor Form var ikke helt lig nogen af de to opstillede og afbildede Varieteter: var. *neapolitana* og var. *pontica*, men var i mange Henseender intermediær mellem dem, i enkelte afveg den fra dem begge; imidlertid var Mereschkowsky's Art den eneste, som der den Gang kunde være Tale om. Senere er vor Art imidlertid blevet beskrevet af Cleve (1902 a, p. 22 med Fig.) fra Nordsøen udfor Holland og fra Skager Rak under Navnet *Codonella Jørgensenii.* Sandsynligvis identisk med den er endvidere *Amphorella Jørgensenii* Fauré-Fremiet (1908, p. 235, Fig. 22) fra Kanalen (Baie de la Hougue), der heldigvis har samme Artsnavn som Cleve's Form. Fauré-Fremiet's Tegning ligner aldeles den i Limfjorden forekommende Form, medens Cleve's afviger noget. Den vigtigste Afvigelse er, at paa Fauré-Fremiet's Figur er den ringede „Hals" skarpt afsat fra Hylsterets Hovedpart, medens Overgangen mellem disse to Dele er mere jævn paa Cleve's Figur. Limfjordsformen har netop den skarpt afsatte Hals, hvad jeg har kunnet overbevise mig om ved fornyet Undersøgelse af den.

Brandt (1907) har ment, at *Codonella Jørgensenii* Cleve muligvis var en Form af *Tintinnopsis baltica* Bdt., hvortil Cleve's noget skitseagtige Tegning maaske kan forlede; men Jørgensen (1912, p. 4) gør med Rette opmærksom paa, at den aldeles intet har at gøre med *T. baltica.* Spørgsmaalet om, til hvilken Slægt vor Form bør føres, afgør Jørgensen (l. c.) ved med nogen Tvivl at lade den forblive i *Codonella.* Saa vidt jeg har været i Stand til at se Strukturen, der er meget utydelig, er den af samme Karakter som den hos *T. norvegicus* (Daday) Bdt. forekommende og virker nærmest som chagrin-agtig. „Fremmedlegemer" paa Hylstrets Yderside har jeg ikke set. Jeg mener derfor, at Fauré-Fremiet has Ret i at henføre sin Art til *Amphorella,* men da denne Slægt ikke opretholdes af Brandt (1907) og jeg følger Brandt's Slægtsbegrænsning, maa jeg foreløbig kalde Arten *Tintinnus Jørgensenii.*

Muligt er det jo, at Cleve's Art ikke er den samme som Fauré-Fremiet's, hvad dog Jørgensen (1912), der har undersøgt Materiale fra Skager Rak, mener. Skulde det imidlertid være Tilfældet, at det er to forskellige Organismer, vil vor Limfjordsform være at henføre til Fauré-Fremiet's Art, ikke til Cleve's. Ligeledes forestiller, som Jørgensen (l. c.) har gjort opmærksom paa, Brandt's *Tintinnus urceolatus* var. a (1906, Tab. 62, Fig. 3, fra Bergen) vor Form.

I de internationale Planktonkataloger (1906, 1909) nævnes den fra den hollandske Del af Nordsøen under Navnene *Cyttarocylis Jørg.* og *Amphorella Jørg.* (det første Navn betyder rimeligvis, at vedkommende Planktolog har ment at finde *Cyttarocylis*-Struktur i dens Hylster, hvad der passer med min Angivelse, at Strukturen er som hos *Tintinnus norvegicus,* thi denne Art henføres f. Eks. af Jørgensen til *Cyttarocylis*), og endvidere fra Skager Rak. Arten er saaledes udbredt langs Europas Vestkyst: Kanalen, Nordsøen, Limfjorden, Skager Rak og Norges Vestkyst.

I Materialet fra Undersøgelsesaarene (1898—1901) er den i de danske Farvande kun fundet i Limfjorden og kun i Efteraarsmaanederne, nemlig i Juli—September 1899 og i August—September 1900; Angivelserne fra de internationale Planktonkataloger og Cleve falder mest paa August, enkelte ogsaa paa November, og alt i alt kan man sige, at den er en Eftersommer- og Høstform, der synes at have et ret højt Temperatur-Optimum. I Limfjorden er den rimeligvis endogenetisk, men til Skager Rak kommer den sandsynligvis med „den jydske Strøm", og det er vel ogsaa denne, som har ført den til Norges Vestkyst. Den maa for os betragtes som en sydlig Form, da dens egentlige Hjemsted ellers er Nordsøens sydlige Del og Kanalen. Den er utvivlsomt en neritisk Form.

Iøvrigt bevirker dens Lidenhed, at den langtfra bliver fanget fuldstændig i Gazenettene, og dette er vel en medvirkende Grund til, at den er saa lidet kendt.

Tintinnus subulatus Ehbg. (Teksttab. 77).

Syn.: *Amphorella sub.* Daday.

Om Sommeren og Efteraaret træffes *Tint. subulatus* ret hyppig i alle vore Farvande, men sjælden i større Mængde. I Undersøgelsesaarene er den iagttaget i alle Afdelinger af vore Farvande: Nordsøen, Limfjorden, Skager Rak, Kattegat, Belterne,

Beltsøen og den egentlige Østersø. Den synes at optræde i størst Mængde i Limfjorden og Østersøen.

Næsten alle Angivelserne falder paa Aarets sidste Halvdel, og dens Maximum synes at ligge i August eller lidt senere, for Limfjordens Vedkommende dog noget tidligere (Juni—Juli), hvad der passer med, at Limfjordens Vand tidligere opvarmes end vore øvrige Farvandes. Om Vinteren og Foraaret mangler den i Planktonet. Dette Faktum kan sættes i Forbindelse med, at den danner Hvilecyster, som

Teksttab. 77. *Tintinnus subulatus* Ehbg.

	Apr.	Maj		Juni		Juli		Aug.		Sept.		Okt.		Nov.		Dec.		Jan.		Febr.		Marts		April	
	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1899—1900																									
Nordsøen udf. Tyborøn	..	..	..	..	..	—	..	..	..	..	rr	..	–	..	—	..	..	..	—	..	..	..	..	..	
Limfjorden udf. Nykøbing	..	..	rr	..	..	r	..	rr	rr	..	r	..	..	rr	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	
Skagens Rev	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Læsø Rende	..	..	..	..	..	..	..	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Anholt Knob	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Schultz's Grund	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
St. Belt udf. Knudshoved	..	..	..	..	..	..	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Lille Belt udf. Lyø	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Østersø udf. Rødvig	—	..	..	..	..	..	..	+	+	..	r	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
1900—1901																									
Nordsøen udf. Tyborøn	..	..	..	—	..	..	..	..	..	—	—	..	..	..	..	..	—	..	..	..	..	..	..	..	..
Limfjorden udf. Nykøbing	..	..	..	..	..	+	r	..	..	..	..	..	rr	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Skagens Rev	..	..	..	..	..	..	..	r	..	..	..	..	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Læsø Rende	..	..	..	..	..	..	..	rr	rr	..	rr	..	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Anholt Knob	..	..	..	..	..	..	..	..	..	rr	r	rr	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Schultz's Grund	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	rr	rr	rr	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
St. Belt udf. Knudshoved	..	..	..	..	..	..	..	—	..	..	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	—	..	..	..	..
Lille Belt udf. Lyø	..	..	..	—	..	..	..	..	..	..	rr	rr	rr	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Østersø udf. Rødvig	..	..	..	..	..	..	..	rr	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

maa antages at overvintre paa Havbunden (omtalte bl. a. af Hensen 1887 og Laackmann 1906).

Dens Optræden i vore Farvande senere end Undersøgelsesaarene fremgaar af de internationale Planktonkataloger (1906, 1909) og stemmer med det ovenfor sagte; næsten alle Angivelserne falder paa August og November Kvartaler, nogle faa paa Februar Kvartal (men her drejer det sig sandsynligvis kun om Efternølere fra Efteraaret eller om tomme Hylstre), ingen paa Maj Kvartal. For vore Nabofarvandes Vedkommende har vi Angivelser hos Cleve (1905a) og Aurivillius (1898) fra Skager Rak, hos Jørgensen (1898) fra Norges Vestkyst, hos Brandt (1907) og Lohmann (1908) fra Beltsøen (Maximum ved Kiel i August—September) og Østersøen, og hos Levander (1894, 1900) fra de finske Bugter, hvor den er en Karakterform

for Efteraarsplanktonet; og overalt lyder de paa Forekomst om Efteraaret og Sensommeren.

Alt ialt er *T. subulatus* en vidt udbredt Høstform, som kræver ret høj Temperatur for sin Trivsel, men som maa være meget euryhalin, da den trives lige saa vel i Østersøens indre Bugter som i Limfjorden og ved Norges Vestkyst. I vore Farvande er den øjensynlig hjemmehørende overalt.

Arten kendes — foruden fra det her omtalte Omraade — blot fra Nordsøens Kyst syd paa til det flamske Hav, endvidere fra det hvide Hav, samt fra Middelhavsomraadet; dens udprægede neritiske Karakter viser sig ved, at den nøje følger Kysterne i sin Udbredelse og skyr oceaniske Forhold.

Ptychocylis urnula (Clap. et Lachm.) Brandt. (Teksttab. 78).

Denne letkendelige Tintinnide forekommer ret udbredt i de fleste af vore Farvande, men sjældent i Mængde. I Undersøgelsesaarene er den iagttaget i Prøver fra Nordsøen udfor Tyborøn, fra Skager Rak og fra Kattegat, derimod ikke i Limfjorden (en enkelt Gang taget over Tyborøn Fjordgrund, altsaa i Nissum Bredning, lige indenfor Tyborøn Rende), ejheller i Belterne, Beltsøen og Østersøen. Fra andre Undersøgelser (internationale Planktonkataloger) véd vi imidlertid, at den kan naa ind i Store Belt og en enkelt Gang helt ind i Beltsøen (ved Fehmern Belt), men det er dog Undtagelser. Man kan i Almindelighed sige, at dens Grænse indad mod Østersøen ligger i Store Belt eller lige syd derfor; i den egentlige Østersø forekommer den ikke, og selv i Beltsøen maa den praktisk set siges at mangle, hvad der stemmer med, at den aldrig er noteret fra Kieler Bugt (Brandt 1907, 1910; Lohmann 1908).

Ptychocylis urnula har saaledes sin Grænse indadtil i vore Farvande, og den er hyppigst i de Dele af disse, hvor Forholdene er mest oceaniske. Dette er vel Grunden til, at den mangler i Limfjorden, hvis Saltholdighed næppe kan antages at stille sig i Vejen for dens Forekomst, saaledes som man maa antage, at Forholdet er for Østersøens og Beltsøens Vedkommende.

Efter Brandt's og andres Undersøgelser er *Ptychocylis urn.* en nordlig oceanisk Form, som har sit egentlige Hjem i det nordlige Atlanterhav, hvorfra den vandrer ind i Nordhavet og Nordsøen og, i mindre Mængder, ind i vore Farvande. Brandt (1910) har undersøgt dens Udbredelse og Forekomst i de internationale Havundersøgelsers Omraade. Den er mest udbredt i Nord-Atlanterhavet og Nordhavet og synes ikke bundet til en bestemt Aarstid, dog saaledes, at den i Nordsøen, Skager Rak og Kattegat er sparsomt tilstede i August Kvartal, hvad der sættes i Forbindelse med den høje Temperatur paa den Tid af Aaret; Maj Kvartal er i disse Egne dens Maximums Tid. Cleve (1905 a) lægger Maximum for Bohuslens Vedkommende allerede til Januar—Februar, medens Jørgensen (1899) meddeler, at den synes at være diakmisk (Max. i Dec. og i April) ved Bergen, hvor den hører til de hyppigste Arter. I vore Farvande synes Maximum at ligge omkring Marts—April: af 84 Angivelser falder 29 paa Januar Kvartal, 37 paa April Kvartal, 6 paa Juni Kvartal

og 12 paa Oktober Kvartal, og for Skager Raks Vedkommende (det eneste Sted i vore Farvande, hvor Arten er nogenlunde hyppig) var Forekomsten i Undersøgelsesaarene følgende:

Teksttab. 78. *Ptychocylis urnula* ved Skagens Revs Fyrskib.

	Januar		Februar		Marts		April		Maj		Juni	Juli—Nov.	December	
1899......	..	..	..	+	r	rr	+	rr	..	+	..	.. ..	..	..
1900......	..	..	rr	rr	..	rr	+	r	r	+	..	.. ..	..	rr
1901.	..	..	..	rr	+	r	rr	+	—	—	—	— —	—	—

Arten er øjensynlig ikke hjemmehørende hos os, men kommer med den indgaaende Strøm fra den nordlige Del af Nordsøen.

Ptychocylis urnula er en ret varierende Art — d. v. s. hvad Hylsteret angaar —, og der er opstillet flere Varieteter, af hvilke var. *minor* Jørg. (var. *pelagica* Brandt) angives fra vore Farvande. I de arktiske og subarktiske Have remplaceres Arten oftest af de nærstaaende, ligesaa variable, *P. obtusa* Brandt og *P. arctica* Brandt.

Cyttarocylis Fol.

Arterne indenfor Slægten *Cyttarocylis* er meget varierende, omend ikke i saa høj Grad som *Tintinnopsis*-Arterne, og Bestemmelserne, som blev foretagne for omtrent 15 Aar siden, er — som ovenfor sagt — derfor ikke altid fuldt nøjagtige. Dog tror jeg nok at turde sige, at den følgende Behandling i det væsentlige er paalidelig, hvad Arternes Optræden og Udbredelse i vore Farvande angaar, idet jeg holder mig til de mere omfattende Artsbetegnelser og ikke vover mig ind paa de Varieteter eller Racer, hvori hver „Art“ (Artsgruppe) er splittet. Vort Kendskab til disse Dyrs Variationsevne er saa ringe, at det forekommer mig ørkesløst at forsøge at holde ude fra hverandre alle de Nuancer i Hylsterets Form — og det er det alene, der benyttes som Skelnemærke —, der kan forefindes, særlig da man øjensynlig altid kan finde Overgange fra den ene Hylsterform til den anden.

Cyttarocylis serrata (Möbius) Brandt.

Til samme Gruppe som *C. serrata* hører en nærstaaende anden Art, *C. Ehrenbergii* (Clap. et Lachm.), som ogsaa synes at forekomme i vore Farvande, omend meget sjælden angivet, og der er derfor Mulighed for, at enkelte af Angivelserne af *C. serrata* i Virkeligheden skulde henføres til *C. Ehrenbergii*, selv om jeg ikke anser det for sandsynligt. Snarere er der undertiden sket en Forveksling af *C. serrata* med den nedenfor behandlede *C. denticulata*.

C. serrata er en Form, som ikke spiller nogen større Rolle i vore Farvande indenfor Skagen. Det eneste Sted, hvor den forekommer nogenlunde regelmæssig, er i Limfjorden; dèr er den iagttaget aarlig i 1898—1900 i Tiden fra Midten af Juni til Midten af Oktober og med Maximum i Juli. Foruden i Lim-

fjorden er der sikre Angivelser af dens Forekomst i Nordsøen udfor Tyborøn og ved Skagens Rev; mindre sikre er nogle Angivelser fra Kattegat og Øresund; dog fandt jeg den ret rigelig i Randers Fjords Munding i Aug. 1915.

Jeg betragter *C. serrata* som en Nordsøform, der kommer ind i Skager Rak med den saakaldte jydske Strøm og til Tider kan føres temmelig langt ind i vore Farvande, hvor den dog ikke kan leve. Med denne Opfattelse stemmer ogsaa BRANDT's (1907) Angivelser i det store og hele godt overens. Han har undersøgt Materiale fra Norges Vestkyst (hvor JØRGENSEN (1899) har studeret den) og fra Nordsøen, og han angiver, at den desuden af HENSEN (1887) og MÖBIUS (1887) er fundet i den vestlige Østersø, hvor han dog ikke selv har set den, og hvor man derfor maa antage, at den kun undtagelsesvis har været til Stede. CLEVE (1905 a) og AURIVILLIUS (1898) omtaler den fra Skager Rak, hvor den skal forekomme fra Juni til December.

Det er en udpræget neritisk Art, som ikke forekommer i det aabne Ocean, og set fra vort Stade maa den kaldes en sydlig Art, hvormed dens Optræden om Sommeren og Høsten staar i god Overensstemmelse. Den er fundet med Hvilecyster (GRAN 1900 a og VAN BREEMEN 1905) og maa antages at overvintre ved disses Hjælp; Arten er saaledes meroplanktonisk. Rimeligvis er den hjemmehørende i Limfjorden, men allogenetisk i vore andre Farvande.

Cyttarocylis Ehrenbergii (Clap. et Lachm.) Fol.

I Undersøgelsesaarene er denne Art, som ovenfor omtalt, ikke fundet, men der eksisterer forskellige Angivelser af dens Forekomst i vore Farvande eller nær dem. AURIVILLIUS (1898) har saaledes angivet den fra Skager Rak; men da han betragter den som identisk med *Tint. fistularis* Moeb. (= *Cytt. helix*), vedrører hans Fund snarere denne sidste, i vore Farvande almindelige Form. Derimod er *C. Ehrenbergii* angivet fra Kattegat i August 1904 (Internat. Catalogue 1906) og November 1907 (Bull. trimestriel 1902—09), samt fra Skager Rak og Kattegat 1910 (JØRGENSEN 1912), og disse Fund er vel nok paalidelige.

Arten er ifølge BRANDT (1907) udbredt langs Norges Vestkyst (hvorfra CLAPARÈDE og LACHMANN (1858) i sin Tid beskrev den) og i Nordsøen — altsaa en Udbredelse, der meget ligner *C. serrata*'s —, og det er derfor meget rimeligt, at den undertiden kan føres ind i Skager Rak og vore Farvande med den baltiske Strøm.

Den kendes fra *C. serrata* ved at mangle Tænder i Hylsterets Munding, og ved at den aborale Forsats paa Hylsteret er solid og vinget (paa Tværsnit 3-vinget); *C. serrata* har mange smaa, noget stumpe Tænder i Hylstermundingen og hul, uvinget Forsats; men de to Arter synes at staa hinanden meget nær. Foruden Hovedarten er ogsaa var. *Claparedei* (Dad.) Brandt angivet fra Skager Rak.

Cyttarocylis denticulata (Ehrbg.) Fol, Bdt. (Teksttab. 79).

BRANDT (1896, 1907) har paavist, at de mange Former, som kan samles under Fællesnavnet *C. denticulata*, deles naturlig i to Grupper: en Højsøgruppe, som kan benævnes *C. edentata* Bdt., og en Kystfarvandsgruppe, for hvilken man bedst benytter

det oprindelige Navn *C. denticulata*. Indenfor hver af disse Grupper er der adskilt en Mængde Varieteter og Former, især af E. Jørgensen (1899, 1901); men disse skal jeg ikke komme nærmere ind paa. Dog skal det lige nævnes, at Kystfarvandsgruppens Former gennemgaaende er større og har længere Hylstre end Højsøgruppens; man vil derfor ofte finde visse af dem benævnte *C. gigantea* Bdt. eller *C. denticulata* var. *gigantea;* andre Navne er *C. dent.* var. *cylindrica* Jørg. og var. *subrotundata* Jørg. Under disse Betegnelser findes Angivelser fra vore Farvande i de

Teksttab. 79. *Cyttarocylis denticulata* (Ehbg.) Fol.

	Apr.	Maj		Juni		Juli		Aug.		Sept.		Okt.		Nov.		Dec.		Jan.		Febr.		Marts		April	
	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1899—1900																									
Nordsøen udf. Tyborøn	..	..	..	..	..	—	..	..	..	..	..	..	—	.	—	..	..	.	—	..	..	..	..	..	
Limfjorden udf. Nykøbing	..	..	..		..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Skagens Rev	..	.	.	rr	r	rr	r	rr	rr	r	..	..	..	..	..	r	r	..	..	.	rr	..	rr	..	
Læsø Rende	.	.	..	..	rr	..	rr	..	..	.	..	rr	..	.	..	rr	rr	rr	rr	..	..	..	..	..	
Anholt Knob	..	..	..	..	..	..	..	.	.	..	..	..	..	..	rr	r	r	r	..	..	..	..	..	.	
Schultz's Grund	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	rr	r	..	rr	..	..	..	..	..	..	
St. Belt udf. Knudshoved	..	.	..	..	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Lille Belt udf. Lyø	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	.	..	..	.	..	..	..	..	..	..	..	..	
Østersø udf. Rødvig	—	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
1900—1901																									
Nordsøen udf. Tyborøn	..	..	..	—	..	..	..	..	..	—	—	..	..	..	..	..	—	..	..	..	..	..	..	..	..
Limfjorden udf. Nykøbing	..	..	..	..	..	.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Skagens Rev	..	.	..	rr	rr	+	+	+	..	..	rr	..	..	rr	..	rr	rr	rr	rr	rr	..	.	rr	rr	r
Læsø Rende	..	..	..	..	..	rr	rr	..	..	..	rr	.	rr	r	rr	r	rr	rr	r	..	..	..	..	..	..
Anholt Knob	..	..	..	.	rr	+	rr	..	..	..	..	..	..	rr	+	r	r	rr	..	..	..	..	..	rr	..
Schultz's Grund	.	..	..	..	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	.	+	rr	..	..	rr	..	..	..	..	..	..
St. Belt udf. Knudshoved	..	..	..	..	..	r	r	—	.	..	..	..	..	..	..	..	rr	..	..	..	—	—	..	..	..
Lille Belt udf. Lyø	.	..	..	—	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Østersø udf. Rødvig	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

internationale Planktonlister (Intern. Planktonkataloger 1906, 1909). Hovedmassen af den hos os fundne *C. dent.* maa dog regnes til den Form, som Jørgensen (1899) kalder *α typica*. Imidlertid behandler jeg dem alle under eet i det følgende.

I Undersøgelsesaarene (1898—1901) er *C. dent.* — altsaa Kystfarvandsgruppen — iagttaget i alle vore Farvande med Undtagelse af Limfjorden, Beltsøen og den egentlige Østersø; den er hyppigst i Skager Rak og det nordlige Kattegat og aftager i Mængde efterhaanden, som man kommer længere ind i vore Farvande. Den kan undertiden være til Stede i ret stor Mængde, men synes at optræde forskellig fra Aar til Aar; saaledes var den meget hyppigere i Aaret 1900—1901 end i 1899—1900 (se Teksttab. 79).

Brandt har nylig (1910) behandlet denne Formgruppes Optræden i de internationale Havundersøgelsers Omraade i Aarene 1902—08; han mener, at *C. dent.*

ikke er endogenetisk („nicht heimisch") i Kattegat og Beltsøen, saa lidt som i den sydlige og midterste Del af Nordsøen, men at dens Forekomst i disse Farvande skyldes Indførsel og Indvandring med Strømmene, hvad jeg fuldtud kan slutte mig til.

C. dent. optræder til alle Aarstider i vort Plankton, men dog ikke med samme Hyppighed. Den har et Minimum om Sommeren. Dette staar rimeligvis i Forbindelse med Vandets høje Temperatur; Brandt (1910, p. 13) siger nemlig, at „mehr als 12° scheinen diese Formen im allgemeinen nicht ertragen zu können". Jeg har samlet 142 Angivelser af *C. dent.*'s Forekomst i vore Farvande sammen, og de fordeler sig paa følgende Maade kvartalsvis:

Januar Kvartal	April Kvartal	Juli Kvartal	Oktober Kvartal
33	34	28	47

Disse Tal viser ret tydelig Sommerminimum og tillige et meget tydeligt Maximum i Oktober Kvartal, hvorefter der følger en Nedgang om Vinteren og en svag Opgang(?) om Foraaret. I Sammenhæng hermed bør nævnes, at *C. dent.* naar længst ind i vore Farvande om Foraaret, og altsaa har den videste Udbredelse hos os paa denne Aarstid, hvad der mulig forklarer den svage Opgang for Foraarstallets Vedkommende. Brandt (1910, p. 12) omtaler, at i Aarene 1904—07 naaede *C. dent.* helt ind i Beltsøen i Maj Kvartal og i 1905—07 allerede i Februar, medens den kun i eet Aar (1906) var dèr i November og i intet af Aarene i August. I 1907 er den endog truffet inde i den egentlige Østersø (Gotlandsdybet) i Juli Maaned; men dette er en sjælden Undtagelse. Disse Angivelser kan naturlig tydes saaledes: Arten vandrer i den kolde Aarstid ind igennem vore Farvande, men formaar ikke at holde sig dèr gennem den varme Aarstid.

Dens Indvandring bestemmes iøvrigt ogsaa af en anden vigtig hydrografisk Faktor, nemlig Saltholdigheden. Ganske vist synes den at være meget euryhalin, men, som Brandt (l. c.) anfører, er dog „ein Salzgehalt von mehr als 18 oder 20 ‰ erforderlich", og kun undtagelsesvis lever den i Vand med lavere Saltholdighed. Derfor træffes den ogsaa hovedsagelig i de dybere Vandlag i vore indre Farvande. Saltholdigheden afgør, hvor langt den gaar ind i vore Farvande, medens Temperaturen bestemmer Aarstiden[1]).

Artens fuldstændige Manglen i Limfjorden stemmer godt med vor Antagelse, at den er allogenetisk hos os. Indvandringsforholdene til Limfjorden er nemlig vanskelige, og da den ikke kan leve Sommeren over derinde — hvad der er saa meget mere Grund til at betvivle, som Limfjordens Sommertemperatur gærne er højere end vore øvrige Farvandes —, skulde altsaa en ny Invasion foregaa aarlig, hvad der næppe kan tænkes at finde Sted, da det strider mod det Faktum, at Limfjorden har sit eget, paa Stedet udviklede Plankton. Saltholdigheden derimod vilde jo ikke hindre dens Nærværelse.

[1]) Lohmann (1908) har ikke fundet den ved Kiel i Aaret 1905—06.

C. dent.'s Formeringsforhold er kun ufuldstændig kendte (se MERKLE 1909), men Hvilecyster, saaledes som f. Eks. hos *C. helix*, er, i alt Fald hidtil, ikke iagttagne, og Artens Optræden i Planktonet hele Aaret rundt tyder heller ikke paa saadannes Tilstedeværelse. Jeg anser det derfor for naturligst at betragte den som en holoplanktonisk, neritisk Organisme af nordlig Karakter; den er vel sagtens endogenetisk i Skager Rak, men er allogenetisk i Kattegat, Belterne og Beltsøen, hvor Indergrænsen for dens Udbredelse gærne ligger. Den har Minimum om Sommeren og Maximum i det sene Efteraar.

Udenfor vore Farvande kendes den fra det nordlige Atlanterhavs og Nordhavets Kystomraader, samt fra Davisstrædet, Beringshavet og Japans Kyster, — altsaa en circumpolar, boreal Forekomst.

Cyttarocylis pseudannulata Jørg. (1899).

Denne lidet kendte og sjældne Art er angivet fra Skager Rak i Maj 1904 (Internat. Planktonkatalog 1906), omend med et Spørgsmaalstegn. Den kendes iøvrigt fra den norske Vestkyst, fra Nordhavet og fra Irminger Havet (BRANDT 1907) og maaske hører nogle Angivelser hos AURIVILLIUS (1898) af *C. annulata*'s Forekomst i Skager Rak herhen.

C. pseudannulata synes at være en nordlig Form, der sagtens kun er en sjælden Gæst i vort Omraade.

Cyttarocylis (?) *ampla* (Jørg.) Brandt.
Syn.: *Amphorella ampla* Jørg.

Ogsaa dette er en sjælden og lidet kendt Art. Den er angivet fra Anholt Knob i Foraaret 1911 (15. Jan. og 1. Marts) ifølge de internationale Planktonlister (Bull. planktonique pour 1908—1911, p. 109). Iøvrigt er den fundet ved Väderöerne i Skager Rak (Dec. 1910) ifølge JØRGENSEN (1912, p. 2) og ved Norges Vestkyst ved Bergen i November og December. Fra sidstnævnte Sted har JØRGENSEN (1899, p. 17, Fig. 4) beskrevet og afbildet den. JØRGENSEN mener, at Arten ikke hører til *Cyttarocylis* Slægten, men til *Amphorella*, hvor den dog „eine isolierte Stellung einnimmt" (1912, l. c.). Da jeg ikke har set Arten, skal jeg ikke udtale mig herom. Et bedre Kendskab til dens Bygning er nødvendigt, før den kan anbringes paa sin rette Plads.

Efter de faa Fund at dømme, synes den at optræde meget sparsomt. Hvad geografisk Udbredelse angaar, er Arten foreløbig kun kendt fra det nordlige Kattegat, Skager Rak og Norges Vestkyst og er blot fundet i Vintertiden. Den er muligvis en nordlig Form, som er drevet ind til vore Kyster med „Golfstrømmen".

Cyttarocylis helix (Clap. et Lachm.) Jørg. (Teksttab. 80).
Syn.: *Tint. fistularis* Moebius; *Tintinnopsis Davidoffi* og *Ttps. helix* i Tabellerne (Ostenfeld 1913a), delvis ogsaa *Ttps. Lobiancoi*.

Middeltal: Tp. 18,0° (4 +), Salth. 17,0 ‰ (4 +).

Denne i vore Farvande vidt udbredte Art staar i Henseende til Hylsterets

Bygning saa at sige paa Grænsen mellem Slægterne *Cyttarocylis* og *Tintinnopsis*, og det bliver foreløbig noget af en Skønssag, til hvilken af dem man henfører den. Ifølge Brandt (1907, p. 219) „ist die Sonderung der Hülsen mit mehr oder weniger vollkommen entwickelter *Tintinnopsis*-Struktur (*Ttps. Davidoffii*) von solchen mit *Cyttarocylis*- und *Coxliella*-Struktur (*Cytt. helix*) praktisch kaum durchführbar". Da jeg i foreliggende Arbejde saa vidt muligt undgaar systematiske Betragtninger, lader jeg Arten blive staaende i *Cyttarocylis*-Slægten, hvor Jørgensen (1899) har

Teksttab. 80. *Cyttarocylix helix* (Clap. et Lachm.) Jörg.

	Apr.	Maj		Juni		Juli		Aug.		Sept.		Okt.		Nov.		Dec.		Jan.		Febr.		Marts		April	
	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1899—1900																									
Nordsøen udf. Tyborøn	..	..	..	..	..	—	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Limfjorden udf. Nykøbing	..	..	..	..	..	..	rr	rr	r	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Skagens Rev	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Læsø Rende	..	rr	..	..	..	..	..	rr	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Anholt Knob	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Schultz's Grund	..	..	..	..	..	..	..	+	r	rr	..	..	..	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	
St. Belt udf. Knudshoved	..	..	..	..	..	..	rr	r	rr	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Lille Belt udf. Lyø	—	—	—	—	—	—	—	+	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
Østersø udf. Rødvig	—	..	..	..	..	..	..	r	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
1900—1901																									
Nordsøen udf. Tyborøn	..	..	..	—	..	..	..	..	..	—	—	..	..	..	..	..	—	..	..	..	..	..	..	..	
Limfjorden udf. Nykøbing	..	..	..	..	..	rr	+	r	rr	..	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Skagens Rev	..	..	..	..	..	..	..	rr	r	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Læsø Rende	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..
Anholt Knob	..	..	..	..	..	..	rr	rr	r	..	r	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Schultz's Grund	..	..	..	..	..	..	rr	..	rr	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
St. Belt udf. Knudshoved	..	..	..	..	..	r	rr	—	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	—	..	..	..	..
Lille Belt udf. Lyø	..	..	..	—	..	..	..	r	..	r	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Østersø udf. Rødvig	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

anbragt den, og hvor Brandt (1907) lader den blive, men jeg er egentlig mest tilbøjelig til at tro, at den snarest hører til i *Tintinnopsis*-Slægten.

I Almindelighed er Arten let kendelig; men da den er meget variabel i Henseende til Hylsterets Form og Bygning, kan de mest yderliggaaende Variationer dog volde en Del Vanskeligheder. Saadanne Variationer har jeg ved Bestemmelserne af Planktonprøverne opført som *Ttps. Davidoffii* og *Ttps. Lobiancoi*, begge med ?, og under disse Navne er de opførte i Tabellerne til min foregaaende Afhandling (Ostenfeld 1913 a). Det fremgaar tydelig af Brandt's ovenfor anførte Ord, saavelsom af andre Udtalelser i hans Monografi (Brandt 1907, p. 179, 220), at det praktisk set er umuligt at skelne Ydervariationerne af *Cytt. helix* fra de noget problematiske systematiske Begreber, der betegnes med Navnene *Ttps. Davidoffii* Dad. og *Ttps. Lobiancoi* Dad., og jeg anser det derfor for mest naturligt at henføre mine

tidligere Angivelser af disse to tvivlsomme Former til den vidt udbredte *Cytt. helix*. Dog falder de fleste af Angivelserne af *Ttps. Lobiancoi* snarere under *Ttps. karajacensis* (se denne).

Arten findes i alle vore Farvande og synes ikke at have nogen Grænse hos os — hverken udadtil eller indadtil. Det er en udpræget neritisk Art, og som saadan befinder den sig vel i Limfjorden, men synes at være mindre hyppig i det aabne Skager Rak og i det nordlige Kattegat. Som hosstaaende Teksttabel (80) viser, er den en udpræget Sommerform; dens Maximum ligger i Juli—August, og den kræver en høj Temperatur til sin Trivsel; i Vintertiden og det tidlige Foraar mangler den. Disse sæsonale Forekomstangivelser passer godt med LOHMANN's (1908, p. 295) fra Kiel. Da den, som paavist bl. a. af LAACKMANN (1906), danner Hvilecyster, overvintrer den rimeligvis med disse paa Havbunden, hvormed vel hænger sammen, at den i saa høj Grad er en neritisk Form.

Den Omstændighed, at den kan leve i alle vore Farvande, baade de salte som Limfjorden og Skager Rak og de mere brakvandede som Østersøen, viser, at *Cytt. helix* er en meget euryhalin Organisme. Det fremgaar ogsaa af dens geografiske Udbredelse, idet den gaar helt ind i Østersøens sydøstlige Hjørne (Danziger Bugt) (Internat. Kataloger 1906, 1909); BRANDT (1907, p. 219) har endog angivet den fra en af de store Østersø-Bugter, nemlig den botniske Bugt, hvorfra de finske internationale Planktonlister ikke opfører den. Udenfor vore Farvande kendes den fra Norges Vestkyst (JØRGENSEN 1899), hvor den dog synes at være sjælden, fra Nordsøkystomraadet og fra Neapelbugten (BRANDT 1907).

Jeg betragter den som en Form, der er endogenetisk i alle vore Farvande; dens høje Temperaturkrav gør den til en Sommerform, hvis Maximum ligger paa den Tid, Vandet er varmest.

Tintinnopsis Stein.

Vort Kendskab til Arterne indenfor denne Slægt er endnu meget usikkert; der hersker egentlig en ganske kaotisk Forvirring, og bedre bliver det næppe, før vi faar en indgaaende, helst eksperimentel Undersøgelse af Arternes Variationsevne. Alle Arterne — i alt Fald de hos os forekommende — er udpræget neritiske og er vist alle endogenetiske hos os.

Der er fra de danske Farvande indtil nu angivet en hel Række Arter, hvoraf dog nogle blot er Synonymer til eller Former af andre. Jeg anfører nedenfor alfabetisk alle de Navne, der er blevet benyttet for *Tintinnopsis*-Former fra vore Farvande, idet jeg tilføjer Bemærkninger om nogle af dem, medens andre bliver behandlede mere udførlig i det følgende.

T. baltica (Syn.: *Codonella orthoceras* Möb., non Haeck.).
T. beroidea Stein.
T. bottnica (Nordq.) Levand.
T. bottnica auctt. er *T. pellucida* (Cleve) Bdt.
T. Brandtii (Nordq.) Bdt.

T. Bütschlii Daday er en Form af *T. campanula.*
T. campanula (Ehrbg.) Daday.
T. cincta auctt. (vix Clap. et Lachm.) er en Form af *T. campanula.*
T. cyathus auctt. (vix Daday) er en Form af *T. campanula.*
T. Davidoffii Daday. De Former, som i vore Farvande er benævnte saaledes, er hovedsagelig *Cytt. helix* (se denne Art).
T. karajacensis Bdt.
T. Lobiancoi Daday, se under *T. karajacensis* Bdt.
T. Lohmannii Laackm. er en Form af *T. tubulosa* Levand.
T. nucula (Fol) Bdt. er *T. ventricosa* ex parte.
T. nana Lohm. hører til *beroidea*-Gruppen.
T. parva Merkle, hører til *beroidea*-Gruppen.
T. parvula Jørg. er *T. beroidea* ex parte.
T. pellucida (Cleve) Bdt. (Syn.: *T. bottnica* auctt.; non Nordq.).
T. relicta Minkiewitsch (Syn.: *T. Steinii* Jørg.; *T. ventricosa* ex parte.).
T. subacuta Jørg. er en Form af *T. tubulosa* Levand.
T. tubulosa Levand.
T. ventricosa (Clap. et Lachm.) Daday.

Disse „Arter“ kan efter Hylsterets Form naturligt samles i 8 større Samlearter eller Artsgrupper:

1. T. campanula — Bütschlii — cincta — cyathus.
2. T. baltica.
3. T. beroidea — parvula — nana — parva.
4. T. ventricosa — relicta — nucula.
5. T. Brandtii.
6. T. karajacensis — Lobiancoi.
7. T. tubulosa — Lohmannii — subacuta.
8. T. bottnica — pellucida.

Tintinnopsis campanula (Ehbg.) Daday. (Teksttab. 81).

Middeltal: Tp. 16,7° (8 +) eller 15,2° (26 + og r), Salth. 22,6 ‰ (8 +) eller 24,1 ‰ (26 + og r).

I sin typiske Form er denne Art den lettest kendelige af Slægten; den udmærker sig ved, at Hylsterets Munding er kraveformet udbredt; den aborale Ende er oftest trukket ud i en kortere eller længere Spids. Arten er imidlertid ret foranderlig, idet Kraven kan svinde stærkt ind (*T. cincta* auctt. og *T. cyathus* Daday) og Spidsen kan blive rudimentær eller helt mangle (*T. Bütschlii* Daday og *T. cyathus*), hvorved kan fremkomme vanskeligere bestemmelige Former. Saadanne er dog i vore Farvande ret sjældne, den typiske Form er den almindelige.

T. campanula er en af vore almindelige Tintinnider, og den forekommer i alle vore Farvande fra Østersøen til Nordsøen og Limfjorden. Der synes ikke at

være nogen kendelig Forskel paa dens Hyppighed i de forskellige Farvande, hvilket viser, at den er en meget euryhalin Art. Derimod er den meget afhængig af Vandets Temperatur og optræder hos os som en udpræget Varmtvands Form med sit Optimum om Sensommeren og Efteraaret. Dette fremgaar tydelig af hosstaaende Teksttabel (81). I Limfjorden, hvis Vand hurtigere opvarmes om Sommeren end vore andre Farvandes, viser den sig tidligst og har sit Maximum allerede i Juli, medens dette i de andre Farvande ligger omkring August.

Teksttab. 81. *Tintinnopsis campanula* (Ehbg.) Daday.

	Apr.	Maj		Juni		Juli		Aug.		Sept.		Okt.		Nov.		Dec.		Jan.		Febr.		Marts		April	
	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1899—1900																									
Nordsøen udf. Tyborøn	..	..	..	..	r	—	..	..	rr	rr	r	r	—	..	—	..	rr	..	—	..	..	..	..	..	..
Limfjorden udf. Nykøbing	..	..	rr	..	r	..	+	..	r	rr	rr	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Skagens Rev	..	..	..	..	..	..	..	rr	..	..	..	rr	rr	..	..	..	..	..	..	rr	..	..	..	..	..
Læsø Rende	..	..	..	..	..	..	..	..	rr	..	..	r	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Anholt Knob	..	..	..	..	..	..	..	rr	..	..	..	rr	rr	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Schultz's Grund	..	..	..	..	..	..	rr	..	..	rr	..	rr	rr	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..
St. Belt udf. Knudshoved	..	..	..	..	..	..	..	..	rr	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Lille Belt udf. Lyø	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Østersø udf. Rødvig	—	..	..	..	..	..	..	+	r	+	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
1900—1991																									
Nordsøen udf. Tyborøn	..	..	..	—	..	r	rr	..	..	—	—	..	r	rr	..	rr	—	..	..	..	..	..	..	..	..
Limfjorden udf. Nykøbing	..	..	..	..	r	+	+	rr	..	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Skagens Rev	..	..	..	..	..	+	+	rr	+	rr	..	r	..	..	..	..	..	..	..	rr	..	..	..	..	..
Læsø Rende	..	..	..	..	..	..	rr	rr	rr	rr	rr	rr	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Anholt Knob	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	rr	rr	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Schultz's Grund	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	r	r	rr	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
St. Belt udf. Knudshoved	..	..	..	..	..	..	..	—	..	..	r	..	..	..	..	..	..	..	..	..	—	..	..	..	..
Lille Belt udf. Lyø	..	..	..	—	..	..	..	..	..	rr	..	..	rr	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Østersø udf. Rødvig	..	..	..	..	..	..	rr	rr	rr	r	r	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

Sent paa Efteraaret forsvinder den igen af Planktonet, saaledes at den praktisk set er borte i Løbet af December Maaned (et Par Angivelser fra Februar skyldes rimeligvis blot Fundet af tomme Hylstre i Planktonet) og kommer saa ikke igen før hen paa Sommeren.

Den angives af LOHMANN (1908, p. 297) at have Hvilecyster, ligesom adskillige andre Arter. Han paaviser (l. c., p. 296) endvidere, at den Dannelse af Sporer hos *T. campanula*, der er beskrevet af LAACKMANN (1906), skyldes et Parasitangreb og ikke har noget at gøre med en Formering af Dyret selv. I Følge LAACKMANN's Undersøgelser skulde Dyret omdannes til en Sporocyste, som ved Delingen frembragte en Del *Gymnodinium*-lignende farveløse Sværmesporer; disse svømmer ud af Hylsteret, men deres senere Skæbne er ukendt; og det er utvivlsomt rigtigt, naar LOHMANN betragter dem som parasitiske Gymnodinier.

I vore Nabofarvande er *T. campanula* ogsaa almindelig; ifølge LOHMANN (1908, p. 291) optræder den i Kieler Bugt kun i Efteraarsmaanederne (August—Oktober 1905), og lignende Angivelser findes hos HENSEN (1890) og BRANDT (1907). Det er saaledes en Efteraarsplanktont i udpræget Grad, som fordrer en høj Temperatur for sin Trivsel. — Den er vidt udbredt i tempererede og varme Kystfarvande.

Tintinnopsis baltica Bdt.

Ogsaa denne Art er forholdsvis let kendelig; den blev først omtalt og afbildet fra de nordiske Have af MOEBIUS (1887) under Navnet *Codonella orthoceras*, idet han med Urette identificerede den med HAECKEL's subtropiske Art af dette Navn.

Den er vist vidt udbredt (omend sparsom i Antal) i vore Farvande, men ved Undersøgelsen af Prøverne er den ikke udskilt som særegen Art undtagen i enkelte Tilfælde. Derfor er vort Kendskab til dens Udbredelse hos os ringe. Ved de internationale Havundersøgelsers Planktonarbejder (Katalogerne 1906, 1909 og Bull. planktonique 1908—11) er denne Mangel dog for en Del udlignet. Af de dèr publicerede Tabeller fremgaar det, at den forekommer i alle vore Farvande fra Østersøen, gennem Beltsøen, Belterne og Kattegat til Skager Rak. Den synes at være hyppigst og mest regelmæssigt til Stede om Efteraaret og Vinteren, hvad der ogsaa passer med LAACKMANN's Angivelser (BRANDT 1907, p. 143). Efter LOHMANN (1908) har den Maximum i Kieler Bugt i September. LAACKMANN (l. c.) omtaler, at han har fundet Hvilecyster hos den.

Tintinnopsis beroidea Stein.

Med dette Navn betegnes oftest alle smaa *Tintinnopsis*-Former med et kort, aflangt-ægformet Hylster, hvis Munding er vid, d. v. s. kun ubetydelig indsnævret, men uden Krave; Hylsterets aborale Ende er gærne mere eller mindre spids (var. *acuminata* Daday), sjældent afrundet. Utvivlsomt sammenfattes herunder flere Former, og i de senere Aar er der da ogsaa udskilt to, nemlig en meget lille smal Form, *T. nana* Lohmann (1908), og en lille videre Form, *T. parva* Merkle (1909). Endelig har JØRGENSEN (1912) ment at maatte dele Resten i to Arter: *T. beroidea* (Stein) Entz, Daday, *sensu stricto*, og en Art, som han kalder *T. parvula* Jørg., og som er den sædvanlige Form i vore Farvande, altsaa den, som f. Eks. BRANDT (1906—07) og hans Elever benævner *T. beroidea*.

Det er da ogsaa denne sidste Form, *T. parvula*, der i mine Planktontabeller, saa vel som i de internationale Havundersøgelsers Arbejder, bærer Navnet *T. beroidea*, og da STEIN har beskrevet sin Art fra Østersøen, synes det mig bedre at følge BRANDT og kalde vor Art *T. beroidea*, selvom ENTZ og v. DADAY har benyttet det Steinske Navn til en nærstaaende Middelhavs-Art.

Om Forekomsten af de to smaa Arter, *T. nana* og *T. parva*, i vore Farvande kan jeg intet sige; men da de begge er beskrevne fra Kieler Bugt, er det rimeligt at antage, at de ogsaa findes hos os.

T. beroidea i gammeldags Forstand er en af vore hyppigste og talrigste Tin-

tinnider. De mange Angivelser i mine Planktontabeller i forrige Part af dette Værk (Ostenfeld 1913a) vidner herom; men da jeg ikke tør stole paa hver enkelt af Angivelserne, idet *T. beroidea* og *T. ventricosa* (sens. lat.) utvivlsomt den Gang ikke altid blev adskilte paa rette Maade, vil jeg ikke forsøge at opstille dens Forekomst i en Teksttabel af sædvanlig Form. Jeg maa nøjes med at sige, at Arten er fundet i alle vore Farvande og til alle Aarstider, men synes hyppigst om Foraaret og Vinteren. I Kieler Bugt udmærker den sig efter LOHMANN (1908, p. 295) ved at være den eneste Tintinnide, som synes at trives bedst i den kolde Aarstid og at være hyppig hele Vinteren igennem. De internationale Planktonlister giver for vore Farvande et lignende Billede af dens Forekomst; de fleste Angivelser falder paa November Kvartal og de færreste paa August.

Tintinnopsis ventricosa (Clap. et Lachm.) Daday.

Analogt med Samlearten *T. beroidea* har vi *T. ventricosa sens. lat.*, hvorved forstaas smaa, korte, ægformede *Tintinnopsis*-Former med en tydelig Mundings-Indsnævring, som er afsat som en kort og vid Hals, nedenfor hvilken Hylsteret udvider sig betydelig; den aborale Ende er enten afrundet (*T. nucula*) eller mere eller mindre spids.

Under dette Begreb sammenfattes i alt Fald 3 Former, der synes at kunne holdes adskilte og fortjene at benævnes Arter, nemlig følgende: *T. nucula* (Fol.) Brandt, *T. relicta* (Mink.) og *T. ventricosa* (Clap. et Lachm.) Jørg., *sens. stricto*. Disse Arter var imidlertid ikke adskilte den Gang Undersøgelserne af Prøverne for Aarene 1898—1901 foretoges, og de i mine Tabeller opførte Data siger os derfor blot, at en Art af denne Gruppe var tilstede i Planktonet, men ikke hvilken. For at faa mere detaljeret Viden maa vi gaa til de senere Aars Undersøgelser, d. v. s. til de internationale Havundersøgelsers Planktontabeller og til de omliggende Landes Planktonarbejder. Af disse fremgaar følgende:

Den egentlige *T. ventricosa sens. str.* er vist ret sjælden i vore Farvande og synes kun at holde til i de ydre saltholdige Dele, d. v. s. Nordsøen, Skager Rak og det nordlige Kattegat. JØRGENSEN, hvem vi skylder Adskillelsen af den ægte *T. ventricosa* fra den Art, jeg kalder *T. relicta*, siger (1912, p. 3), at han kun har set *T. ventricosa* i Skager Rak (i Prøver fra 1909 og 1910), medens samtidig *T. relicta* var hyppig i Prøver fra Beltsøen og Østersøen, men dog ogsaa naaede ud i Skager Rak. Dette stemmer med det Indtryk, jeg har faaet, nemlig, at den i det følgende som *T. relicta* benævnte Form er den almindelige i vore Farvande. *T. ventricosa* er øjensynlig en mere salt-krævende (eller salt-taalende) Form.

Tintinnopsis relicta (Minkiewitsch) nob.

Syn.: *T. Steinii* Jørgensen 1912; *T. ventricosa* auctt.; *Codonella relicta* Minkiewitsch.

Som lige omtalt har E. JØRGENSEN (1912) paapeget, at der under Navnet *T. ventricosa*, saaledes som det sædvanlig benyttes, sammenfattes to Arter. Da CLAPARÈDE og LACHMANN's oprindelige *T. ventricosa* (1858) er beskrevet og afbildet fra

Norges Vestkyst, er det naturligt at forbeholde dette Navn for den Form, som især holder til dèr og i lignende saltholdige Kystvande, medens der maa findes et andet Navn for Brakvands-Formen (Østersøformen), den, som LEVANDER (1894), BRANDT (1906—07) og LAACKMANN (1906) har beskrevet og afbildet. JØRGENSEN giver den Navnet *T. Steinii* nov. sp.; men jeg mener, at der findes et ældre Navn, som maa benyttes. I en lille Afhandling i en russisk Ekspeditions-Publikation beskrev R. MINKIEWITSCH i 1903 en *Codonella relicta* fra Plankton fra det asowske Hav og Aralsøen. Denne Art, som jeg har haft Lejlighed til at se i Planktonprøver fra Aralsøen (OSTENFELD 1908c), stemmer saa nøje med vor Østersøform, at jeg ikke tager i Betænkning at identificere den dermed, hvad jeg forøvrigt allerede har gjort ved Undersøgelsen af de internationale Havundersøgelsers Planktonprøver fra vore Farvande i November 1906 (Plankton Katalog 1909). Findestedet, det asowske Hav og Aralsøen, kan jo synes noget langt af Vejen; men det er en Kendsgærning, at ikke faa Østersøformer findes i de forskellige syd-russiske Brakvandssøer og Havbugter. Dette betyder iøvrigt blot, at vi her har at gøre med specielle Brakvandsformer, der vil kunne findes ogsaa andet Steds i Verden, naar de brakke Vande bliver bedre undersøgte; flere af denne biologiske Gruppe er saaledes ogsaa fundet i Zuidersøen.

T. relicta er, som ovenfor nævnt, hyppig i alle vore Farvande, især i de indre, og Hovedmassen af, hvad der hidtil hos os er gaaet under Navnet *T. ventricosa*, maa antages at være denne Art. Med Hensyn til dens sæsonale Optræden finder vi hos LOHMANN (1908) angivet, at hans „*T. ventricosa*" fra Kieler Bugt findes i Planktonet hele Aaret rundt og med et Maximum i Juni, og dette kan vist overføres paa *T. relicta.*

Tintinnopsis nucula (Fol) Brandt.

Den tredje Art, som hører til *T. venticosa sens. lat.*, er betydelig mindre end de to andre og er derved lettere kendelig fra dem. Den er derfor ogsaa tidligere blevet udskilt. Jeg tager denne Art i samme Betydning, som BRANDT (1906—07), LAACKMANN (1906), LOHMANN (1908) og JØRGENSEN (1912) gør, og indlader mig ikke paa Spørgsmaalet, om det virkelig er denne Art, som FOL har ment med sin *Codonella nucula.*

Ogsaa denne Art er almindelig i vore Farvande, og sikkert almindeligere end Netfangsterne lader formode, idet den paa Grund af sin Lidenhed kun ufuldstændig fanges af de fineste Silkenet. Efter det internationale Planktonkatalog (1909) er den øjensynlig vidt udbredt i Skager Rak, Kattegat og Beltsøen, og mine Skitser fra Undersøgelsen af Prøverne fra 1898—1901 viser tydelig, at jeg har haft Opmærksomheden henvendt paa denne lille, fra den sædvanlige „*T. ventricosa*" afvigende Form. Særlig hyppig var den ved Rødvig i Østersøen, hvor den i September 1899 blev betegnet med Hyppighedsangivelserne c og —. Ifølge LOHMANN (1908, p. 295) er det den hyppigste af alle Tintinnider, ja, af alle Protozoer i Kieler Bugt. Dens Maximum falder dèr i Juni, men dens Blomstringsperiode strækker

sig øjensynligt fra Sommer til langt hen paa Efteraaret. Efter JORGENSEN (1912) forekommer den helt ud i Skager Rak og ved den norske Vestkyst, derimod synes den ikke at gaa ind i det indre af Østersøen.

I Henseende til deres Forhold overfor Vandets Saltholdighed repræsenterer de tre Arter af Ventricosa-Gruppen saaledes tre Trin: *T. ventricosa sens. str., T. nucula* og *T. relicta;* og i vore Farvande forekommer de alle. Men en nærmere Undersøgelse af deres Udbredelse indenfor vore Farvandes Grænser vilde være særdeles ønskelig, da jeg paa Grund af mine Bestemmelsers Ufuldkommenhed har maattet holde mig til almindelige Angivelser.

Tintinnopsis Brandtii (Nordq.) Brandt.

Denne Art kendes meget let paa, at dens Bagende er stærkt udvidet og affladet. Den angives en enkelt Gang (Bull. planktonique 1908—11) fra Anholt Knob (Maj 1911), men er ellers ikke fundet i vore Farvande, og Angivelsen hviler muligvis paa en Fejlbestemmelse, da Arten ikke er kendt fra vore Nabofarvande. Den hører hjemme i den inderste Del af Østersøen, d. v. s. de to store Bugter, og er ellers kun fundet en Gang ved Norges Vestkyst (BRANDT 1906—07, p. 166).

Tintinnopsis karajacensis Brandt.

Med denne Art kommer vi til de *Tintinnopsis*-Former, hvis Hylster er strakt eller forlænget, d. v. s. flere Gange længere end bredt. Artsforholdene her er lige saa usikre som hos de hidtil behandlede korte Former. Karajacensis-Gruppen kendetegnes ved, at Hylsteret er rørformet og lukket i den aborale Ende, som ikke er udvidet.

T. karajacensis blev oprindelig beskrevet af BRANDT (1896) fra Karajak-Fjorden paa Grønlands Vestkyst og blev derfor naturlig betragtet som en arktisk Art, men senere er *Tintinnopsis*-Former fra andre Kystfarvande blevne identificerede med den, saaledes anfører BRANDT (1906—07, p. 163) den fra Kieler Fjord, Kejser Wilhelms Kanal, norske Fjorde og, paa VAN BREEMEN's og CLEVE's Autoritet, fra Nordsøen ved Helder; endvidere har han to Varieteter fra tropiske Kystfarvande. Den har saaledes en vid Udbredelse.

Meget nærstaaende er Arten *T. Lobiancoi* Daday, som egentlig kun afviger fra den ved Hylsterets større Dimensioner; det er derfor ogsaa naturligt, at BRANDT (l. c., p. 162) stiller sig noget tvivlende til Spørgsmaalet, om de to Former virkelig er adskilte Arter.

Ved Undersøgelsen af Prøverne fra 1898—1901 bestemte jeg de cylindriske *Tintinnopsis*-Individer til *T. Lobiancoi*, men disse Bestemmelser bør øjensynlig ændres til *T. karajacensis;* enkelte angaar dog *Cytt. helix* (se denne). Jeg har nemlig efterset et Par Prøver fra Limfjorden og deri fundet *T. karajacensis* og i det internationale Planktonkatalog (1909) angives ogsaa denne Art fra Kattegat; endvidere maa nogle af mine Skitser tydes som denne Form.

Om dens Hyppighed og Udbredelse i vore Farvande kan jeg foreløbig ikke

give flere Oplysninger. I Kieler Bugt optræder den fra Foraar til Efteraar, hyppigst i September—Oktober (BRANDT 1906—07, p. 163).

Den ægte *T. Lobiancoi* Daday angives af BRANDT (l. c., p. 161) fra Elbens Munding og en Varietet fra Kejser Wilhelms Kanal; det er derfor meget muligt, at den kan findes ogsaa i vore Farvande, — om det overhovedet er muligt at holde disse to Former ude fra hinanden.

Tintinnopsis tubulosa Levand., emend. Brandt,
incl. *T. Lohmanni* Laackmann 1906 og *T. subacuta* Jørg. 1899.

Fra Karajacensis-Gruppen med det cylindriske Hylster afviger Tubulosa-Gruppen ved, at Hylsterets aborale Ende er noget udvidet, som om man havde pustet Rørets bageste, lukkede Del op. Til denne Gruppe hører *T. tubulosa* Levand., *T. Lohmanni* Laackm. og *T. subacuta* Jørg. MERKLE (1909) har paavist, at *T. tubulosa* og *T. Lohmanni* blot er Yderformer af en kontinuerlig Række og maa betragtes som een Art. Hvad *T. subacuta* Jørg. angaar, da fastholder JØRGENSEN (1912, p. 3), omend med megen Betænkelighed, først dens Selvstændighed, men føjer derpaa til, som senere Tilføjelse (l. c., p. 4), at „man alle 3 [ɔ: *T. tubulosa, T. Lohmanni, T. subacuta*] als eine Art betrachten sollte".

T. tubulosa er ikke fundet i vore Farvande i Undersøgelsesaarene (1898—1901), men er senere gentagende Gange iagttaget i Kattegat og Store Belt (Internat. Planktonkatalog 1909; Bull. planktonique 1908—11; JØRGENSEN 1912), og JØRGENSEN (l. c.) kalder den „diese im Skager Rak bis zur Ostsee so häufige Art". At der foreligger saa faa Angivelser, skyldes vel sagtens, dels at den er blevet overset, dels at den er blevet sammenblandet med andre Arter.

Tintinnopsis pellucida (Cleve) Brandt.
Syn.: *Tintinnus* (?) *pellucidus* Cleve 1898; *Leprotintinnus p.* Jørgensen 1899;
T. bottnicus auctt., *non* Nordquist.

Middeltal: Tp. 11,5° (11 + og r), Salth. 16,9 ‰ (11 + og r).

Denne Art er betydelig forskellig fra de hidtil omtalte, hvilket bl. a. ogsaa fremgaar af, at den har været flyttet ikke saa lidt rundt i Systemet; JØRGENSEN (1899) skabte en særlig Slægt, *Leprotintinnus*, for denne og nærstaaende Arter. Det særegne for den er, at det rørformede Hylster er aabent i den aborale Ende; det er med andre Ord et rigtigt Rør, aabent i begge Ender, og Dyret er fæstet til dets Inderside i den aborale Det. Den orale Del er tydeligt ringet, og den for *Tintinnopsis* ejendommelige Beklædning af saakaldte „Fremmedlegemer" kan undertiden helt mangle.

Arten er let kendelig; kun med den nærstaaende *T. bottnica* (Nordq.) Levand. kan den forveksles, men hos denne sidste er Hylsteret betydelig indsnævret hen mod Bagenden og udvider sig saa pludselig stærkt dèr, medens det hos *T. pellucida* kun er lidt indsnævret og Bagendens Udvidelse er ringe og jævn.

I vore Farvande findes *T. pellucida* ret hyppig om Foraaret, især i Maj—

Juni Maaned, og mest i Kattegat. I Limfjorden og den egentlige Østersø er den ikke kendt, derimod i Skager Rak og Store Belt. Den har altsaa sin Grænse indadtil i vore Farvande.

Det er en højnordisk Art, som kendes fra Spitsbergens og Grønlands Kyster og fra Norges Vestkyst. Dens Optræden i vore Farvande falder sammen med Foraars-Diatomeernes Blomstring; senere forsvinder den helt af Planktonet; dens Temperatur Optimum ligger ogsaa temmelig lavt (11,5°). Den danner Hvilesporer (paavist af Broch 1910), og det er vel i Form af saadanne, at den „oversomrer".

Tintinnopsis bottnica (Nordq.) Levand.

Den rigtige *T. bottnica* er en udpræget Brakvandsart, som hører hjemme i den botniske og finske Bugt. Den angives ogsaa fra Zuidersøen (van Breemen), og i 1915 fandt jeg den i Randers Fjords Brakvand, hvor den afløste *T. tubulosa* indadtil og selv blev afløst af *T. relicta*.

Tintinnidium mucicola (Clap. et Lachm.) Dad.

Denne Art kendes ikke fra vore Farvande i Undersøgelsesaarene, men det betyder rimeligvis blot, at den er overset. Det karakteristiske for Slægten *Tintinnidium* er nemlig, at Hylsteret er géléagtigt, og derfor vil de herhen hørende Former være meget vanskelige at genkende i konserveret Tilstand.

Tintinnidium mucicola er beskrevet fra Bergens Kystfarvand af Claparède og Lachmann (1858) og er senere fundet og undersøgt nøjere ved Kiel af Laackmann (1906) og Brandt (1906—07). Det vilde derfor være naturligt, om den ogsaa forekommer i vore Farvande, der ligger mellem disse to Steder, og i de internationale Plankton-Tabeller (Internat. Catalogue 1909) finder vi den da ogsaa angivet saavel fra Beltsøen som fra Kattegat i Aarene 1907 og 1908. Vi har heraf vel Lov at drage den Slutning, at den ogsaa tidligere har været til Stede i vore Farvande, men blot ikke er blevet erkendt.

Ifølge Lohmann (1908) findes den hele Aaret i Planktonet i Kieler Fjord, talrigst om Sommeren og sjældnest om Vinteren; hvad der ogsaa passer med Brandt's Angivelser (l. c., p. 442). Den synes at være en endogenetisk, neritisk Form.

3. Peritricha.

De fleste af de peritrike Infusorier er fastsiddende Former og kommer saaledes ikke i Betragtning som Planktonorganismer, — undtagen naar de sidder fast paa andre Planktonorganismer; de kaldes da Planktonepibionter (B. Schröder, Biolog. Centralbl., vol. 34, No. 5, 1914)[1]). Af saadanne kendes nogle faa fra vore Farvande.

[1]) Organismer, der er fæstede paa Planktonter, er ofte blevet kaldt Epiplankton; men mod dette Udtryk indvender B. Schröder med Rette, at det betyder „Plankton paa Plankton", ligesom „Epifyt"

Paa forskellige af Plankton-Kopepoderne træffes ikke sjælden, men aldrig i Mængde, Vorticeller, men saavidt jeg ved, omtales ikke nogetsteds, hvilken eller hvilke Arter, det drejer sig om. Vi maa derfor foreløbig nøjes med den almindelige Angivelse af *Vorticella sp.* De synes at være hyppigst i vore indre Farvande og er øjensynlig neritiske Former. —

Vigtigere end disse er imidlertid en anden peritrik Planktonepibiont, nemlig en Art af Slægten *Cothurnia.*

Cothurnia borealis (Hensen) nob.

Syn.: *Tintinnus borealis* Hensen 1890, p. 117, fig. 3 a, b; *Cothurnia maritima* auctt., vix Ehbg.; *C. innata* Hamburger et v. Buddenbrock 1911, p. 138 ex parte, vix *Trichoda innata* O. F. Müller, 1786, p. 220, tab. 31, fig. 16—19.

Middeltal: Tp. 14,5° (16 +), Salth. 7,6 ‰ (10 +). (Teksttab. 82).

I sit store Arbejde over Østersøens Plankton omtaler og afbilder Hensen (1890) en lille Organisme, som hyppig forekom fastsiddende paa den almindeligste *Chaetoceras*-Art i Østersøen. Han antog den for en Tintinnide og dens Vært for *Ch. boreale,* hvorfor han gav den Navnet *Tintinnus borealis.* Samme Aar afbildes den ogsaa under dette Navn af O. Nordquist (Medd. Soc. Fauna et Flora Fennica, 1890, fig. 6) fra den indre Østersø.

Senere er man kommen til Klarhed over, at denne Organisme ikke er en Tintinnide, men en peritrik Infusorie af Slægten *Cothurnia*, og den har da i Planktonlister gærne baaret Navnet *C. maritima* Ehbg., saaledes ogsaa i Tabellerne i min første Del af „De danske Farvandes Plankton“ (Ostenfeld 1913 a). Jeg anser det imidlertid for mere hensigtsmæssigt at betragte den som en egen Art, først og fremmest paa Grund af dens ejendommelige Levevis, og dernæst fordi dens Hylster praktisk taget er siddende og ogsaa i sin Form afviger adskilligt fra *C. maritima*'s, saaledes som man sædvanligvis ser dette afbildet. Imidlertid vil jeg indrømme, at mere indgaaende Undersøgelser over Dyrets Bygning og dermed følgende Sammenligning med *C. maritima* vilde være særdeles ønskelige.

For nylig har Cl. Hamburger og von Buddenbrock (1911) optaget de gamle O. F. Müller'ske Navne, *Trichoda innata* og *T. ingenita,* for *Cothurnia*-Arter, idet de identificerer det første med *Cothurnia maritima* Ehbg. og det sidste med *C. crystallina* (Ehbg.) D'Udekem. Hvis man fastholder vor Organismes Idenditet med *C. maritima,* skulde den altsaa bære Navnet *C. innata* (O. F. M.); men jeg tvivler paa, at de to Forff. har helt Ret i deres Identificering. Ser man paa O. F. Müller's Afbildninger (hans Beskrivelser siger ikke meget), finder man, at *Trichoda ingenita* (Tab. 31, fig. 13—15) utvivlsomt er en *Cothurnia*, og da den er afbildet og omtalt som siddende, forstaar man, at Hamburger og v. Buddenbrock henfører

betyder en Plante, som lever paa andre Planter (eller paa Dyr). Foruden denne sproglige Indvending kan der ogsaa gøres en mere reel, nemlig at Ordet Epiplankton bliver anvendt, f. Ex. af G. Fowler, om de øverste Vandlags Plankton i Modsætning til Mesoplankton — Mellemlagenes Plankton — og Hypoplankton — det Plankton, som hører til de nederste Vandlag umiddelbart over Bunden.

dette Navn til *C. crystallina.* Der er dog den Væsensforskel, at *C. crystallina* har en virkelig Basalflade, hvormed den sidder fast, medens *Trichoda ingenita* synes at være fasthæftet blot med et Basalpunkt, hvorved den nærmer sig til de næsten stilkløse Former af *C. maritima.* Jeg er efter de foreliggende Afbildninger ikke i Stand til at sige, til hvilken Art, man skal henføre Müller's *Trichoda ingenita*, og kan kun sige, at det er en eller anden ubestemmelig *Cothurnia*-Form. Værre endnu stiller det sig med *Trichoda innata* (Tab. 31, figs. 16—19), thi den har Müller tegnet med en rig Fimrekrans i den orale Ende, saaledes som Tintinniderne har det, og jeg er mest tilbøjelig til at paastaa, at det er en Tintinnide (f. Eks. en *Cyttarocylis?*), han har afbildet, ikke en *Cothurnia.* Jeg betragter derfor Hamburger og von Buddenbrock's Forsøg paa at identificere *Cothurnia maritima* med *Trichoda innata* som absolut fejlagtig.

De to *Cothurnia*-Arter bør vedblive at bære de velkendte Navne *C. maritima* og *C. crystallina.*

Efter den nomenklatoriske Digression vender vi tilbage til vor Planktonepibiont, *Cothurnia borealis.*

Det er meget ejendommeligt, at den optræder alene paa *Chætoceras* og endda kun paa en eneste Art, nemlig *Ch. danicum* Cleve (Hensen's Identificering af Værtens Art var urigtig). Den kan findes fasthæftet i talrige Individer paa denne Arts Kæder, og tilsyneladende befinder baade Vært og Planktonepibiont sig særdeles vel ved dette Samliv.

Dens Udbredelse falder naturligvis i Hovedsagen sammen med Værtens, men er dog noget snævrere end dennes; thi uagtet den ikke synes at have nogen ernæringsmæssig Forbindelse med den, finder vi den alligevel kun i de Farvande, hvor Værten trives vel, d. v. s. vore inderste Farvande og i hele den egentlige Østersø. I Undersøgelsesaarene blev den noteret en enkelt Gang fra det sydlige Kattegat (Schultz' Grund) i Juli, fra Store Belt (i Juni, med Hvilestadie), fra Lille Belt (November) og fra Øresund (Juli), samt fra et Par April-Prøver fra Smaalandshavet[1]). Alle de øvrige Angivelser er fra Østersøen ved Rødvig, hvor dens Forekomst til de forskellige Aarstider fremgaar af hosstaaende Teksttabel.

Teksttab. 82. *Cothurnia borealis* i Østersøen ved Rødvig.

	Apr.	Maj		Juni		Juli		Aug.		Sept.		Okt.		Nov.		Dec.		Jan.		Febr.		Marts		April	
	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1899—1900	..	..	..	..	+	..	r	+	+	..	+	+	rr	+	r	..	..	..	r	..	..	..	..	..	
1900—1901	..	..	r	+	rr	+	+	r	+	+	+	+	+	+	r	..	..	..	rr	..	rr	..	..	..	..

Det ses af Teksttabellen, at dens „Blomstringsperiode“ falder om Sommeren

[1]) Disse Angivelser er glemte i Tabellerne i mit foregaaende Arbejde (Ostenfeld 1913 a, p. 280—288, 293).

og Efteraaret (Juli—November), og at den helt mangler i Planktonet om Foraaret. Sammenligner vi dermed Værtens, *Chætoceras danicum*'s, sæsonale Optræden (se Ostenfeld 1913a, Teksttab. 27, pag. 131), viser det sig, at den er omtrent den samme, idet den maksimale Udvikling indtræder paa samme Aarstid; Forskellen er egentlig kun, at *Ch. danicum* er talrigere tilstede og saa at sige aldrig mangler i Planktonet, selvom ogsaa den har en tydelig udtalt Minimumsperiode om Foraaret.

De to Organismers Forhold til Temperatur og Saltholdighed svarer ret godt til hinanden, dog viser det højere Middeltal for Temperatur (14,5° mod 11,6°), at *Cothurnia*'s Forekomst er mere indskrænket til Sommertiden, medens den lavere Saltholdighed (7,6 ‰ mod 12,8 ‰) peger paa, at dens geografiske Omraade ligger mere udelukkende i Østersøen og kun sjælden strækker sig til Beltsøens og Belternes mere salte Vand.

Undertiden findes inde i Hylstre af *Cothurnia* Hvilecyster (med tyk Væg) i Stedet for Dyret selv, og man har rimeligvis Lov til at slutte, at disse Cyster er fremkomne ved Omdannelse af Dyret — analogt med, hvad der finder Sted hos flere Tintinnider og Diatomeer —, og at Dyret saaledes har en Hviletid, i god Overensstemmelse med dets sæsonale Periodicitet.

Cothurnia borealis maa efter det her meddelte betegnes som en meroplanktonisk, neritisk Organisme, som er ret eurytherm (med forholdsvis højt Optimum) og ret euryhalin (med meget lavt Optimum). Den er Ledeform for Østersøens lidet salte Vand og taaler i det hele ikke høj Saltholdighed. Dette fremgaar ogsaa af de Angivelser om dens Forekomst, som kan faas af de internationale Havundersøgelsers Plankton-Kataloger (1906, 1909), ifølge hvilke den var almindelig udbredt og hyppig i hele Østersøen, helt ind i de to store inderste Bugter, men aldeles ikke angivet fra Skager Rak, Nordsøen eller fjærnere Have.

Dens nære Slægtning, *C. maritima* Ehbg., er vidt udbredt langs alle Europas Kyster.

II. Organismer med usikker Stilling.

Under Benævnelsen „Organismer med usikker Stilling" har jeg samlet nogle encellede Organismer, hvorom vi véd meget lidt. Nogle af dem er muligvis selvstændige Organismer, men de fleste vil sandsynligvis vise sig at være Udviklingsstadier (Æg o. lign.) af andre Organismer, mest Metazoer, saaledes som det allerede er paavist for enkeltes Vedkommende.

Da nogle af dem er ganske karakteristiske i deres Optræden i vort Plankton, har jeg ment, det var bedst at medtage dem i dette Arbejde; ellers vilde de overhovedet ikke være blevet omtalte i „De danske Farvandes Plankton".

Det lidet, vi véd om deres virkelige Natur, skylder vi mest Lohmann (1904, 1911).

? Corbicula socialis Meunier.

I det tidlige Foraar forekommer sammen med den første Diatoméopblomstring ofte en lille kolonidannende Organisme, hvis Plads jeg ikke har været i Stand til at fastslaa. Den bestaar af en Mængde kugleformede Celler, der slutter tæt op til hverandre og danner Periferien af en hul Kugle (?). Hver Celle igen bestaar af et rundt, lysbrydende Midtparti, omgivet af en klar Gélémasse, der kun bliver synlig ved, at dens Yderside er forsynet med fine Striber ligesom Længdegrader paa en Globus; i optisk Længdesnit ses disse Striber som en Cirkel af Punkter, der adskiller de enkelte Celler fra hinanden.

Jeg har iagttaget denne Organisme i levende Plankton og set, at den var absolut uden Kromatoforer eller Farve af nogen Slags, og det har ikke været mig muligt at finde nogetsomhelst Bevægelsesorgan.

I Meunier's for faa Aar siden udkomne Bearbejdelse af Mikroplanktonet fra Barents- og Karahavene omtaler og afbilder han (Meunier 1910, p. 79; Pl. IV, fig. 4) en Organisme, som han kalder *Corbicula socialis.* Uagtet han anser den for at have Svingtraade og tegner de fine Striber dannende et tragtformet Hylster, i hvis Bund selve Cellen, d. v. s. det lysbrydende Midtparti, sidder, synes jeg, at der efter Figur og Beskrivelse er saa stor Overensstemmelse mellem hans og min Organisme, at jeg benytter hans Navn til min. Men jeg er paa den anden Side overbevist om, at den Organisme, jeg har haft for Øje, intet som helst har med *Dinobryon* at gøre, i hvis Nærhed Meunier, med Reservation, stiller „*Corbicula*“[1]).

Jeg haaber ved Lejlighed atter at træffe paa denne Organisme og da at have Lejlighed til at undersøge den nærmere.

I Undersøgelsesaarene fandtes den i Limfjorden, Kattegat, Belterne, Beltsøen og Østersøen ved Rødvig. Dens Forekomsttid er Februar til Maj, med Maximum i Maj. I Limfjorden fandtes den i April—Maj i Aarene 1899—1901, i Mængde det sidste Aar; ved Skagen er den kun iagttaget i Februar 1900; og samme Aar i April —Maj i Aalborg Bugt. Ved Schultz's Grund fandtes den i Marts—April 1900 og 1901, og i Marts—April 1900 var den at finde saavel i hele Lille Belt, som i Store Belt og Smaalandshavet; endelig noteredes den i Marts 1900 i Østersøen ved Rødvig.

Den er vist euryhalin (Salth. fra 11,2 ‰—29,0 ‰), og stenotherm (Tp. 2,6°—4,0° for + og c Forekomst), men flere Data er ønskelige, ogsaa for at afgøre om den er meroplanktonisk og monakmisk.

---

[1]) Vor Organisme har ogsaa en Del Lighed med nogle af de Stadier, E. Haeckel (Jenaische Zeitsch. f. Medicin u. Naturw., VI, 1871) tilskriver sin mærkelige Organisme *Magosphæra,* der opstilles som en særlig Protozoafdeling (*Catallacta*), om hvilket intet nærmere senere er publiceret — i alt Fald ikke, saavidt jeg har kunnet opspore (cfr. Delage et Hérouard, Traité de Zoologie concrète I, p. 398). De Maal, Haeckel angiver (Cellediam. 20 μ, Kærne 6 μ), er imidlertid for afvigende fra mine, til at jeg vover at afgøre noget om Identiteten. *Magosphæra*, der er fundet i Havet ved Bergen, tegnes af Haeckel i et vist Stadium som kugleformet Koloni af pæreformede Celler, hvis brede Ende vender ud mod Kuglens (Koloniens) Periferi og er forsynet med mange korte Cilier, og Overfladetegningen af dette Stadium minder meget om min Organisme, dog med den Forskel, at jeg ingen Cilier har iagttaget.

Radiosperma corbiferum Meunier.

Syn.: „Sternhaarstatoblast“ Hensen.

Den ejendommelige Organisme, som Hensen (1887) har kaldt „Sternhaarstatoblast“ paa Grund af dens store Lighed med et Stjærnehaar hos Planterne, f. Eks. hos Elæagnacéerne, har Meunier (1910, p. 96, Pl. VI, fig. 16—18) givet et latinsk Navn: *Radiosperma corbiferum* uden iøvrigt at tilføje nogen ny Oplysning om, hvad denne gaadefulde Organisme egentlig er. Hensen's Formodning om, at det er et Hvilestadium eller muligvis et Æg af en Organisme er vist det rimeligste.

Radiosperma er en Koldtvandsform, som ikke holder af altfor salt Vand og som hører til i Kystfarvandet. I Undersøgelsesaarene er den blot truffet faa Gange og ikke i Mængde, nemlig: i Kattegat ved Anholt Knob i April 1900, i Smaalandshavet ved Omø i Maj 1900, samt i Østersøen ved Rødvig i November 1900 og og April 1901; men muligvis er den ikke altid opnoteret ved Prøvernes Undersøgelse. Ved de internationale Havundersøgelsers Planktonforskninger (Kataloger 1906, 1909) er den bleven kendt som en regelmæssig Planktont i hele Østersøen, hvor den, især i de to store Bugter, forekommer til alle Aarstider; endvidere er den noteret fra de danske Farvande og et Par Gange fra Nordsøen.

Foruden disse Forekomster er den iagttaget i Kystplanktonet ved Grønlands Vestkyst (Vanhöffen 1897) og Østkyst (Ostenfeld 1910 b) samt i Barentshavet (Meunier 1910). Dens hele Forekomstmaade og dens geografiske Udbredelse henviser den til den Kategori af arktiske Organismer, der tillige forekommer i Østersøen. Den kan saaledes regnes sammen med *Chætoceras Wighami, Dinobryon pellucidum, Gonyaulax catenata, Navicula Vanhöffenii, Corbicula socialis* o. fl.

Dens biologiske Forhold er lidet kendte; den maa sandsynligvis betragtes som en eurytherm (?) og euryhalin Form med lave Optima; endvidere er den neritisk og rimeligvis monakmisk.

Hexasterias problematica Cleve.

Syn.: „Röhrenstatoblast“ Hensen; *Ovum hispidum problematicum* Lohmann; *Polyasterias problematica* Meunier.

Ogsaa denne Organismes Tydning er usikker. Rimeligst synes Lohmann's Formodning (1904, p. 32—33), at det er et Æg af et eller andet Planktondyr, altsaa noget tilsvarende til „*Radiosperma*“.

Organismen, der bestaar af en nedtrykt-kugleformet (biconvex) Centraldel og nogle (5—8, oftest 6) Svævearme[1]), som ender i smalle tætstillede Flige, er meget let kendelig og er iagttaget af mange Forskere og over vide Strækninger, men aldrig i Mængde.

I Undersøgelsesaarene er den blot noteret en enkelt Gang (Febr. 1899) i Nordsøen udfor Tyborøn, og den synes i det hele at være sjælden i vore Farvande.

I Følge Lohmann's Sammenstilling (1904) og de internationale Havundersøgel-

[1]) Meunier (1910, p. 87) har ment at være nødt til at omdøbe Cleve's Navn *Hexasterias* (1899 b) til *Polyasterias*, fordi Organismen ikke altid har 6 Svævearme!

sers Planktonkataloger (1906, 1909) er *H.* fundet hyppig i Østersøen og helt ind i de to store Bugter, endvidere kendes den fra Nordsøen og Kanalen, fra Murmanhavet og fra Havene ved Island og Grønland. Den synes saaledes ogsaa i geografisk Henseende at minde en Del om *Radiosperma*, men er i mindre udpræget Grad bunden til Kysten (eller maaske blot mere uforgængelig og med bedre Svæveevne, saa den kan føres længere ud i Oceanet).

Om dens biologiske Forhold vides intet; den synes at kunne træffes til alle Aarstider og maa da være eurytherm, ligesom den er euryhalin.

Ova hispida.

Syn.: „Dornige Cyste“ Hensen; *Xanthidium hystrix* Cleve 1899 a; *X. brachiolatum* Moebius.

Forskellige kugleformede Organismer, hvis Overflade er forsynet med Torne og Pigge, findes ofte i Planktonet, i Almindelighed dog ikke i Mængde. De er først blevne tydede som „Cyster“ af Hensen (1887); samtidig gav Moebius (1887) dem et latinsk Genus-Navn og valgte hertil uheldigvis *Xanthidium*, et Navn, der i Forvejen anvendes paa en Desmidiacéslægt, men rigtignok af dets Skaber Ehrenberg ogsaa blev benyttet om nogle fossile Organismer, der muligvis staar vore marine Organismer nær. Cleve (1899 a) bibeholdt dette Navn, idet han dog var opmærksom paa det urigtige deri; men han vilde ikke skabe nye Genus-Navne paa disse gaadefulde Organismer. En endnu større Forvirring fremkom ved, at Lemmermann (1903, p. 16—19) henførte baade de marine „Xanthidier“ og Slægten *Pterosperma* Pouchet (se Ostenfeld 1913 a, p. 185) til Ferskvandsalgeslægten *Trochiscia*, hvormed hverken den ene eller den anden Gruppe har det fjerneste Slægtskab. Med Rette drager Lohmann (1904, p. 22—24) stærkt til Felts herimod, og det saa meget mere, som han er i Stand til at give en Opklaring paa i alt Fald een af disse „Xanthidier“s Tilhørighed. Den saakaldte „*Xanthidium hystrix*“ er nemlig de pelagiske Æg af en Kopepod-Art, *Centropages hamatus*. Rimeligvis er den anden „*Xanthidium brachiolatum*“, ogsaa et Kopepod-Æg. Lohmann (l. c.) har derfor samlet disse Organismer under Fællesbetegnelsen „*Ova hispida*“, til hvilken han saa som tredje Led føjer det gamle „Xanthidium“-„Arts“navn eller skaber et nyt for Æg, som han selv beskriver.

I Undersøgelsesaarene iagttoges „*Ova hispida*“, hyppigst „*Ovum hispidum hystrix*“, ofte i Kattegat, Belterne, Beltsøen og Østersøen, men kun i ringe Antal.

Pacillina arctica Cleve[1]).

Syn.: *Fungella arctica* Cleve.

Under Navnet *Fungella arctica* har Cleve (1899 b) beskrevet og afbildet en Organisme, som han nærmest var tilbøjelig til at stille til Tintinniderne. Dermed har den, som af Lohmann (1911) anført, ikke noget tilfælles. Den er rimeligvis identisk med en Organisme, som Vanhöffen (1897) har kaldt „Chinesenhut“ og er

[1]) I Bulletin des Résul. cours. périod., Année 1902—03, No. 4, 1903, p. 297, note: (Fungella is preoccupied).

sandsynligvis beslægtet med HENSEN's „Barbierbeckenstatoblast" (1887). Hvis dette sidste er Tilfældet, er CLEVE's Organisme, som han selv omdøbte til *Pacillina*, et Æg af en Gastropod, idet nemlig R. S. BERGH og senere LOHMANN (l. c.) har udfundet, at den saakaldte „Barbierbeckenstatoblast" i Beltsøen er et Gastropod-Æg. Fornylig har HERDMAN (1915) ogsaa fundet denne sidste Organisme og mener, at det mulig er Æg af *Littorina littorea*. *Pacillina* er i saa Tilfælde Ægget af en anden Gastropod.

Imidlertid mangler Beviset herfor endnu, og jeg mener derfor at maatte opføre den her under „Organismer med usikker Stilling". Den synes ret vidt udbredt. CLEVE fandt den ved Spitsbergen og senere flere Steder i den østlige Nordsø og LOHMANN nævner endvidere Skager Rak og Kattegat. Dertil kan jeg føje Store Belt, idet den i Undersøgelsesaarene blev fundet en enkelt Gang (14. April 1901) ved Knudshoved.

„Umrindete Cyste", Hensen.

Blandt HENSEN's forskellige problematiske Organismer (1887) var der ogsaa en, som han beskrev som *„Umrindete Cyste"*. Denne ejendommelige Organisme har LOHMANN (1904) paavist at være et Æg af et eller andet Dyr, idet han har fundet Exemplarer med Foster i; derimod er det hidtil ikke lykkedes at udfinde, hvilket Dyr det drejer sig om.

For Fuldstændighedens Skyld tager jeg den med her, da den er fundet i vore Farvandes Plankton i Oktober 1910 ved Anholt Knob (Bull. planktonique, hvor den fejlagtig staar opført som „Schaumei"). LOHMANN (1911) angiver den fra Labradorstrømmen ved Ny-Foundlandsbankerne, og i Omraadet mellem det sydlige Kattegat, Nordsøen og Havet syd for Island.

III. Parasiter i Phytoplanktonter.

Phytoplanktonets Organismer er jo Havets fritsvævende Proviant, hvoraf Zooplanktonterne direkte eller indirekte faar deres Næring. Direkte sker det, naar Zooplanktonterne benytter Phytoplanktonterne som Føde, hvad der er Tilfældet med mange saavel af Protozoerne som af Metazoerne. Indirekte sker det, naar Phytoplanktonterne dør og deres plasmatiske Indhold opløses. Som henfaldende Stoffer eller i Opløsning kommer deres organiske Stoffer da de Organismer, der ernærer sig af „Detritus", og dem, der ernærer sig saprofytisk, til Gode.

Phytoplanktonternes Henfald foregaar utvivlsomt hovedsagelig ved Bakteriernes Hjælp. Der er beskrevet en Mængde og meget forskelligartede Bakterier fra Havvandet (FISCHER, BAUR, GRAN etc.), men paa hele dette vigtigste Afsnit skal jeg slet ikke komme ind.

Derimod mener jeg, at som et Appendiks til Protozoerne og de usikre Organ-

ismer vil det være paa sin Plads at meddele lidt om de Parasiter, der angriber Phytoplanktonterne og derved gør deres til Decimeringen af Phytoplanktonets talløse Masser. Maaske burde de have været omtalt under Phytoplanktonet selv, da de fleste er Phycomyceter, men paa den anden Side hører de ikke til de stofproducerende, men til de stofforbrugende Organismer, og i den Henseende følges de med Protozoerne.

Det er mærkværdigt, saa lidet parasitangrebne Phytoplanktonets Organismer er. Jeg har endnu aldrig set Parasiter (fraset Bakterier) optræde i Mængde i en Planktonprøve, uagtet jeg nu i en Snes Aar har haft Lejlighed til at undersøge en ikke ubetydelig Mængde Planktonprøver og fra meget forskellige Egne. Karsten (1907, p. 421) ytrer sig herom i meget stærke Ord: „Die ganze schwebende Meeresvegetation ist von einer bei Landpflanzen häufigen und mannigfaltigen Gefahr fast ganz frei, die Gefahr Parasiten zum Opfer zu fallen. Nur ein einziger klarer Fall solcher Art ist mir begegnet . . . und nur an einer Station.“ Saa sjælden er det nu dog ikke at se Phytoplanktonter angrebet, men nogen betydelig Rolle spiller Parasitangreb paa den anden Side ej heller. I Ferskvand synes Parasiter i Phytoplanktonter at være meget hyppigere.

De faa hidtil iagttagne Parasiter i marine Phytoplanktonter er kun ufuldstændig kendte; de fleste synes at maatte henføres til Chytridiaceernes Gruppe; men nærmere Undersøgelser, hvorved Parasitens Livscyklus opklares, foreligger ikke. Jeg skal i det følgende meddele de faa Brudstykker af Iagttagelser, som jeg har gjort, og desuden samle de hidtil offentliggjorte, spredte Meddelelser om dette Emne.

Olpidium Lauderiæ Gran.

Syn.: *O. phycophagum* Meunier (1910); *O. Dityli* nom. nud. in Bull. trimest.; *Eurychasma Lauderiæ* H. E. Petersen (1905).

I 1900 omtalte H. Gran (1900 b) kortelig en Parasit i Diatoméen *Lauderia borealis* og henførte den med Tvivl til Slægten *Olpidium*. I *Ditylium Brightwellii* er senere en lignende Organisme fundet og har i de internationale Planktontabeller faaet Navnet *O. Dityli*, uden at der foreligger nogen Beskrivelse af den eller Meddelelse om, hvorved den afveg fra den i *Lauderia* fundne.

Senere har A. Meunier (1910) i sit store Arbejde om Barenthavets Mikroplankton beskæftiget sig mere indgaaende med lignende Parasiter i Planktondiatomeer. Under Behandlingen af *Chætoceras decipiens* siger han om en Celle (p. 221): „il est complètement envahi par un *Olpidium*, sans doute, dont le thalle, qui paraît granuleux, témoigne d'un commencement de sporulation. Les exemples d'un parasitisme de ce genre sont très communs dans nos materiaux, non seulement dans *Ch. decipiens* et ses congénères, mais aussi dans les diatomacées d'autre genres“; og videre (p. 222): „C'est lui, dans doute, que nous avons déjà signalé, après Gran, dans *Lauderia borealis* Cleve, sous le nom de *Olpidium Lauderiæ* et, en outre, dans *Ditylum Brightwelli* Grunow, sous le nom de *Olpidum Ditylí*. Si, comme nous le pensons, c'est toujours le même organisme parasitaire, peu difficile sur le choix

de ses hôtes, il serait plus logique de le dénommer dans tous les cas de la même façon, *Olpidium phycophagum*, par exemple, plutôt que de lui attribuer une spécificité différente chaque fois, suivant la nature de son hôte. C'est ce que nous ferons".

Jeg kan være enig med MEUNIER i, at vi overalt har at gøre med den samme Organisme, men i Følge Nomenklaturreglerne maa vi fastholde GRAN's ældre Navn, selvom det kan være uheldigt.

MEUNIER omtaler Parasiten og afbilder den hos en hel Række af Planktondiatomeer, nemlig: *Chætoceras decipiens, Ch. contortum, Ch. diadema, Ch. debile, Ch. Ingolfianum* (= *Ch. pseudocrinitum*), *Ch. sp.* (sandsynligvis = *Ch. pseudocrinitum*), *Thalassiosira gravida*, *Bacterosira fragilis, Fragilaria islandica, F. mollis, Achnanthes tæniata* og *Nitschia sp.* Hans Oplysninger om dens Udvikling er dog ret ufuldstændige, egentlig ikke meget mere omfattende end hvad jeg kan meddele af egne Iagttagelser.

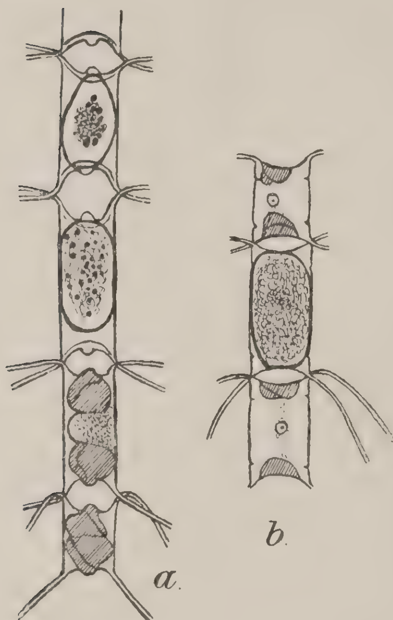


Fig. 1. *Olpidium Lauderiæ* Gran (fra Kattegat). *a*. Kæde af *Chætoceras didymum*; i de to øverste Celler har Parasiten udviklet sit Sporangium efter at have tømt Cellens Indhold; i den tredje er Angrebet i fuld Gang, og den fjerde Celle er uskadt. *b*. Kædefragment af *Ch. constrictum*; den midterste Celle er fyldt med et Sporangium af Parasiten; de to andre uskadte. (Zeis, Apochr. 4,0 × 0,95, Oc. 6).

Jeg har nemlig i Undersøgelsesaarene (1898—1901) og senere ret ofte set denne Parasit i *Chætoceras*-Arter i danske Farvande. Hosstaaende Tegninger (Fig. 1) vil give et Indtryk af dens Udseende og fortæller egentlig alt, hvad jeg ved om dens Udvikling. I Kædefragmentet til højre ses en udviklet Parasit; den danner et afrundet vægklædt Legeme, der udfylder Vært-Cellen og har fuldstændig optaget dennes plasmatiske Indhold. Parasitens Plasma er grynet og med en blaalig lysbrydende Tone. I Kæden til venstre ses foroven to ældre Parasiter, der hver har tømt sin Vært-Celle; de sorte Klumper var rødbrune og maa antages at være Rester af Værtens Kromatoforer; i den næstnederste Celle ses et yngre Stadium, hvor Parasiten endnu ikke helt har omgivet sig med en Væg, og hvor kun en ringe Del af Vært-Cellens Indhold er fortæret (Væggen paa venstre Side er altfor tyk i Tegningen, det var egentlig blot en Hinde, næppe nogen Væg). — I mine Iagttagelser er der ikke noget om en Udførselsmunding for de Zoosporer, som maa antages at dannes af det Sporangium, hvoraf Parasitens senere Stadier egentlig bestaar; men en saadan Munding har MEUNIER set hos flere *Chætoceras*-Arters Parasiter, og jeg har selv set den hos *Lauderia*'s, hvor GRAN allerede har tegnet den.

Hvorvidt det er med Rette, at baade GRAN og MEUNIER henfører denne Parasit

til Slægten *Olpidium* tør jeg ikke udtale mig bestemt om. I mange Henseender minder den om *Ectrogella Bacillariacearum* Zopf (Nova Acta k. Leop.-Carol. Akad. Naturf., XLVII, N. 4, 1884, tab. XVI), men denne sidste har flere Udførselsaabninger fra sit Sporangium. Denne Omstændighed staar dog muligvis i Forbindelse med at Zopf's Art er Parasit i meget langstrakte Diatomeer, medens vor Art hovedsagelig holder til i korte (mere isodiametriske) Former. Ganske vist afbilder Meunier ogsaa sin *Olpidium* i en langstrakt *Nitzchia*, og Parasiten har her samme afrundede Form, men til Gengæld er der flere Parasiter i een Celle, hver med sin Udførselsaabning; her kunde muligvis foreligge en Iagttagelsesfejl, saaledes at det i Virkeligheden var een Parasit med flere Udførselsaabninger.

H. E. Petersen (1905) har flyttet Gran's Art over i Slægten *Eurychasma*, men som det synes mig uden Grund, da Sporangiet ikke er oppustet („gonflé"), og da det, som det især fremgaar af Meunier's Tegninger, har en tydelig halsformet Udførselsaabning. Jeg foretrækker provisorisk at lade vor Art blive i Slægten *Olpidium*.

Parasiten er udbredt i vore Farvande fra Skagen til Store Belt. Jeg har iagttaget den i *Lauderia borealis* (ved Skagen), i *Ch. constrictum*, *Ch. diadema*, *Ch. didymum* og *Ch. simile* og i Maanederne Februar, Marts, Maj og August, hovedsagelig i Foraarstiden, men den har aldrig optraadt epidemisk.



Fig. 2. Parasit (*Olpidium Lauderiæ*?) i *Thalassiosira gravida* (Grønlandshavet). (Zeis, Apochr. 8,0×0,65, Oc. 8; Cellens Diameter 80 μ, Tykkelse 60 μ).

Gran's Iagttagelser af Parasiten i *Lauderia* er fra Skager Rak, og den er senere fundet i Nordsøen og Kanalen (internat. Planktonkataloger); *O. Dityli* er fundet i den sydlige Del af Nordsøen og Meunier's talrige Iagttagelser er fra Barents- og Kara Havet. Den synes saaledes at være vidt udbredt.

Mulig hører herhen en Parasit, jeg har fundet i *Thalassiosira gravida* udfor Grønlands Østkyst (ca. 77° 56′ Lat. N., 15° Long W., 23. Juli 1908). Som hosstaaende lille Skitse (Fig. 2) viser, har vi her en lang Udførselskanal, og derved afviger den fra det typiske for Parasiten.

Endophlyctis Rhizosoleniæ G. Karsten.

Det ovenfor anførte eneste Tilfælde, hvor G. Karsten (1907) har set et Parasitangreb paa Planktondiatomeer, var i en Prøve fra det indiske Hav, hvori adskillige Eksemplarer af *Rhizosolenia alata* var angrebne af en Chytridiacé, som han kalder *Endophlyctis Rhizososoleniæ*. Han meddeler følgende om Snylterens Udvikling (l. c., p. 422): „Von der Lebensgeschichte konnten dem Alkoholmaterial nur Bruchstücke abgewonnen werden. Das Eindringen der Parasiten bleibt unaufgeklärt. Wucherndes Mycel in einer befallenen Zelle zeigt [Taf. LIV] Fig. 10 a, Kontraktion des Inhaltes und Einziehen resp. Absterben des Mycels Fig. 10 b, Bildung eines grossen Schwärmsporangiums Fig. 10 c und entleertes Sporangium Fig. 10 d". Altsaa ogsaa for denne Snylters Vedkommende er vort Kendskab meget ufuldstændigt, og jeg føler mig desuden ikke overbevist om, at hans Tydning af Myceliet i

de to *Rhizosolenia*-Celler (Fig. 10 a og b) er rigtig; det kan efter Tegningerne lige saa godt være selve Diatomeens Plasma, ikke en Snylters Mycelium.

Muligt var det, at Snylteren her i *Rhizosolenia* er den samme, som den vi hidtil har behandlet, at Snylteren med andre Ord er meget foranderlig i sit Udseende, idet den skal passe ind i Værtens Form. Jeg tror dog ikke, det er Tilfældet, i alt Fald sikkert ikke for den ene Tegnings Vedkommende (Fig. 10 d), hvor vi ser et Sporangium, som er delt i flere Partier (lignende et Stykke Tarm) og med en (to?) Udførsels-Hals; dette Stadium minder meget om Sporangierne hos de lobate Arter af *Pleotrachelus* (cfr. H. E. PETERSEN, 1905), og maaske vilde det være naturligt at føre Arten til denne Slægt.

Naar jeg ikke gør det, er det, fordi det andet Stadium (Fig. 10 c) ikke passer dermed, og dette Stadium, som bestaar af et ret tykvægget Sporangium af afrundet Form og tilsyneladende uden Udførselsaabning samt med Plasmarester for begge Ender, kender jeg af Selvsyn. Hosstaaende Tegninger (Fig. 3) af en *Rhiz. Shrubsolei* fra Horns Rev (1. Aug. 1907) svarer nøje til KARSTEN's ene Tegning. Man ser

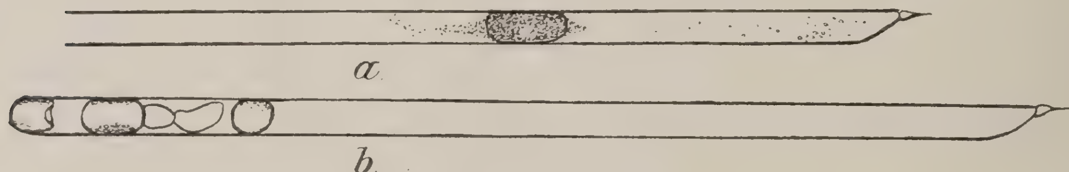


Fig. 3. *Endophlyctis Rhizosoleniæ* G. Karst. i *Rhizosolenia Shrubsolei* (ved Horns Rev, 1907).
a. Celle med ungt Sporangium og Plasma og Kromatoforrester udenfor dette.
b. Celle med ældre Sporangier og et toleddet Hyfe (?)-Stykke.
(Seibert, Ob. V, Oc. I).

i den ene Celle et nydannet Sporangium, hvis Væg endnu er tynd, og for begge dets Ender Plasmarester; den anden Celle indeholder ikke mindre end 3 Sporangier, og til det ene af disse slutter sig et toleddet, tømt Hyfe-Stykke (?). Muligvis skal dette sidste tydes som Dele af Sporangiet, hvorved vi vilde faa en Overgang til Karsten's anden Figur, Pleotrachelus-Stadiet. Er dette rigtigt, bliver Karsten's to Tegninger alligevel at henføre til een Art uagtet deres meget forskellige Udseende, og saa kan den næppe være en *Pleotrachelus*-Art. Da saaledes det hele staar hen i det uvisse, synes jeg det er bedst at bibeholde Karsten's Navn foreløbig for at undgaa unødvendige Omflytninger i Systemet.



Fig. 4. Parasitangreb i *Rhizosolenia obtusa* Hens. (Naalsøfjord, Færøerne, 1903).
Imellem Cellens Kromatoforer (skraverede) ses nogle smaa runde, klare Legemer (Zoosporer?).
(Zeis, Apochrom. Ob. 4,0×0,95, Ob. 8).

Den samme Parasit, som jeg har set hos *Rh. Shrubsolei*, har L. MANGIN (Ann. Instit. oceanogr., t. IV, fasc. 1, 1912, p. 18, fig. 4) omtalt og afbildet som forekommende hos *Rh. alata*, men med den vage Tydning: „spores à membrane cellulosique". Den vil rimeligvis vise sig at

være vidt udbredt i tempererede og varme Have, hvor Rhisosolenier forekommer i Mængde.

Svampens første parasitiske Stadium er muligvis at finde i et Billede, som det Fig. 4 giver; det er en *Rh. obtusa* (fra Naalsøfjord ved Thorshavn, Færøerne), som jeg har iagttaget levende, og i hvis Plasma smaa lysbrydende, nøgne Parasiter fandtes; men der iagttoges ingen ældre Stadier.

Rhizophidium (?) *Huxleyi* (Haeck.) nob.

I en gammel Afhandling af Haeckel (Jena Zeitsch. f. Medicin u. Naturw., VI, 1871, p. 29, taf. II, fig. 5—8) beskriver og afbilder han en ektoparasitisk (eller epifytisk) Organisme paa *Rhizosolenia styliformis*, iagttaget ved Bergen. Denne Organisme, som han kalder *Protomonas Huxleyi*, minder meget om en Chytridiacé-Art, som Zopf (Abhandl. naturf. Ges. Halle, XVII, 1887, tab. II, fig. 13—22) beskriver som *Rhizophidium Cyclotellæ*, og som er Parasit paa Ferskvandsdiatomeen *Cyclotella*. Denne *Rhizophidium* har et fint, dendritisk-forgrenet Mycelium inde i Værten og et kugleformet Sporangium uden paa denne. Nu har ganske vist Haeckel ikke omtalt eller afbildet noget endotroft Mycelium, men et saadant er ofte vanskeligt at se, og man kan meget vel tænke sig, at det har været tilstede, men er blevet overset. Ellers minder disse Organismer saa meget om hinanden, at det vil være rimeligt at betragte Haeckel's Organisme som en Art af Slægten *Rhizophidium*, hvoraf der kendes flere marine Arter (cfr. H. E. Petersen 1905).

Den har iøvrigt ikke været omtalt af andre Forskere og er saaledes ikke kendt fra vore egne Farvande, men jeg medtager den dog for Fuldstændighedens Skyld.

Af samme Grund vil jeg erindre om, at Apstein (Wissensch. Meeresunters., N. F., Abt. Kiel, Bd. 12, 1910, p. 163 ff.) har beskrevet og afbildet en Svamp, som lever i et Plankton-Hjuldyr, *Synchæta monopus* Plate, i Østersøen og dræber dette. Han kalder Svampen *Synchætophagus balticus*, og den hører utvivlsomt til Phycomyceterne, men dens mere komplicerede Organisation, bl. a. et veludviklet forgrenet Mycelium, stiller den paa en højere Plads end den, hvor de hidtil omtalte Parasiter staar.

Vampyrella Chætoceratis (Paulsen) nob.

En Parasit med en meget uvis Plads blandt Protisterne er blevet beskrevet og afbildet af O. Paulsen (Medd. om Grønland, XLIII, 1911, p. 316, fig. 17) under Navnet *Apodinium* (?) *Chætoceratis*.

Slægten *Apodinium* er opstillet af Chatton (Compt. rend. Ac. sc. Paris, t. 144, 1907) for parasitiske Peridineer, og da en af Arterne viser en Del Lighed med foreliggende Art, har Paulsen med Tvivl henført den til denne Slægt. Jeg tror imidlertid ikke, at det er rigtigt, idet den nye Form ikke besidder en hel Række for *Apodinium* ejendommelige Karakterer, hvad iøvrigt Paulsen selv gør opmærksom paa. Han har rimeligvis blot henført den til *Apodinium* for at have en Skuffe til den.

Det var i *Chætoceras boreale* i Plankton fra Grønlands Nordøstkyst, at PAULSEN fandt denne Parasit; jeg har senere set den i en Prøve her fra vore Farvande (Anholt Knob, 1. Febr. 1911) og ogsaa i Plankton fra det subtropiske Atlanterhav (37° 23′ Lat. N., 36° 43′ Long. W., Marts 1914), paa hvilket sidste Sted jeg havde Lejlighed til at se den levende. Den fandtes ogsaa dèr udelukkende paa Hornene (Børsterne) af en *Chætoceras*-Art af Boreale-Gruppen. Snylteren bestaar af et rundagtigt (rundt til ellipsoidisk) Legeme, som er befæstet udenpaa et Chætoceras-Horn, og paa Befæstelsesstedet ser man undertiden en lille Tap. Legemets Indhold er en grynet, blaalig-lysbrydende Masse, i hvilken der ligger en central Klump af gulbrun Farve; dette er sandsynligvis Resterne af Chætoceras'en Kromatoforer. Chætoceras Cellen, paa hvis Horn Parasiten sidder, er nemlig tømt (udsuget). En enkelt Gang har jeg iagttaget en Plasmamasse af aflang Form inde i Hornet udfor en Parasit; rimeligvis var dette en sidste Rest, som endnu ikke var naaet ud i „Sporangiet", thi saaledes kalder jeg det rundagtige Legeme. Sporangiet kan forekomme delt i 2 (eller 4) Dele, og ejendommeligt er det da, at Kromatoforklumpen (Ekskretionsmassen) findes kun i den ene af disse; undertiden mangler den dog helt i de 2- eller 4-delte Stadier. Den videre Udvikling kendes desværre ikke.

Disse Fragmenter af dens Udvikling frembyder imidlertid en ikke ringe Lighed med Slægten *Vampyrella*, saaledes som vi kender den fra ZOPF's Arbejde (Zur Morphologie u. Biologie der niederen Pilzthiere, Leipzig, 1885); særlig ligner den hans Billeder af *V. variabilis* Klein, som snylter paa Traadene af Ferskvandsalgen *Oedogonium*, og jeg skulde tro, at vor Organisme maa regnes for en Art af *Vampyrella;* den har næppe noget at gøre med Peridineer, selvom denne Gruppe tages i særdeles udvidet Betydning.

Hidtil er denne Parasit kun kendt fra de tre ovenfor omtalte Fund; men den vil utvivlsomt vise sig mere udbredt, hvad Fundenes lange indbyrdes Afstande og de deraf følgende vidt forskellige Kaar tyder paa. —

I Tilslutning til denne Form vil jeg pege paa, at der i den senere Tid er beskrevet en hel Række ejendommelige Parasiter, som utvivlsomt er Peridineer. De snylter i forskellige Dyr, særlig i Krustacé-Æg, og deres ejendommelige og komplicerede Udvikligshistorie er klargjort for os af DOGIEL, CHATTON og flere. Hidtil er de ikke blevet iagttagne i vort Plankton, hvor de dog utvivlsomt ogsaa maa være til Stede. Her kan ogsaa erindres om de parasitiske Gymnodinier i *Tintinnopsis campanula* (se S. 399).

Derimod har vi hyppig i vort Plankton en anden ejendommelig Parasit, som henføres til Cocciderne, nemlig:

Hyalosaccus Ceratii Keppen.

Denne Parasit snylter i *Ceratium*-Arterne og angriber deres Kærne, som den absorberer helt, idet den bliver større og større. Tilsidst fylder den omtrent hele Ceratiens Krop og ser da ud som en mægtig hypertrofieret Kærne.

Dens Udviklingshistorie er beskrevet af N. KEPPEN i en russisk Afhandling

(Mem. de la soc. des naturalistes de Kiew, Bd. 16, 1899), der paa Grund af Sproget har været mig utilgængelig.

Apstein (1910, p. 157) har været opmærksom paa denne Parasits Forekomst i vore Have og i Nordsøen. Dens Angreb kan naa indtil 20 % af Antallet af Ceratium-Individer. Jeg kender den ogsaa fra vore Farvande fra Undersøgelsesaarene, men har desværre ingen nærmere Optegnelser om dens Hyppighed og Forekomst. Den findes dog sandsynligvis i alle vore Farvande; ogsaa i Limfjorden har jeg specielt noteret den.

Den angriber vist alle vore Ceratium-Arter; ialt Fald er den kendt fra *Tripos*-Former, fra *C. fusus* og fra *C. furca*.

Foruden de her nævnte faa Parasiter i Phytoplanktonter findes der naturligvis en Række Parasiter i Zooplanktonter, særlig i Metazoerne. Men man véd meget lidt om disse Forhold, hvad der bedst fremgaar af en kort Meddelelse om „Parasiten von Calanus finmarchicus“ (Wissensch. Meeresunters., N. F. Abt. Kiel, Bd. 13, 1911) af C. Apstein. Forf. publicerer her sine spredte Optegnelser om Parasitangreb paa *Calanus finmarchicus* og andre Kopepoder, og det er en hel Serie af forskellige Parasiter, som han kortelig omtaler. Det er øjensynlig et forsømt Felt, hvor der er meget at gøre for en Zoolog.

IV. Tabellarisk Oversigt over de i vore Farvande iagttagne Planktonprotozoers Optræden.

	Oceanisk eller neritisk	Holoplanktonisk eller meroplanktonisk	Udbredelse (allogenetisk eller endogenetisk) i vore Farvande					Aarstid for		monakmisk eller diakmisk	Nordlig, sydlig, baltisk Udbredelse	Bemærkninger
			Limfjorden	Skager Rak	Kattegat	Beltsøen	Østersøen	Maximum	Minimum			
Ebria tripartita	n	h?	?	a	a?	a?	e	VIII—IX	F	m	B	Findes ogsaa i Aralsøen og det Kaspiske Hav.
Noctiluca miliaris	n	h?	a?	a	a	(a)	÷	VIII—XI	II—V	m	S	
Acanthocystis pelagica	n	m?	a	a	a [1])	÷	÷	IX—XI	V—S	m	S	[1]) kun fundet i det allernordligste af Kattegat.
Rhaphidiophys marina	n	m?	?	a	a [1])	÷	÷	X—XI	F—S	m?	S	
Sticholonche zanclea	o	h	÷	a	a [1])	÷	÷	W	S	?	.	
Acantharia	o	h	?	a	a	(a)	÷	W	S	m	.	
Plagiacantha arachnoides	o	h	÷	a	a	÷	÷	W	S	m	.	
Lithomelissa setosa	o	h	÷	a	a [1])	÷	÷	.	.	.	.	
Protocystis tridens	o	h	÷	a	÷	÷	÷	.	.	.	.	
Tiarina fusus	o	h?	÷	a	a	a	÷	S—E	F—W	m	S	
Laboea species	n	m?	?	e	?	e	?	.	.	d	.	
Tintinnus acuminatus	o?	h	÷	e?	e?	a?	÷	E—W	S	m	N	
— Steenstrupii	o	h	(a)	a	a	(a)	÷	E	W F	m	S	
— norvegicus	o	h	÷	a	(a)	÷	÷	.	.	m	N	
— Jörgensenii	n	?	e	a	÷	÷	÷	E	W S	m	S	
— subulatus	n	m	e	e	e	e	e	E (VIII)	W—F	m	B	
Ptychocylis urnula	o	h	÷	a	a	(a)	÷	II—V	S	m	N	
Cyttarocylis serrata	n	m	e	a	a	?	÷	S—E	W—F	m	S	
— Ehrenbergii	n	?	÷	a	a	÷	÷	?	?	?	?	
— denticulata	n	h	÷	e	a	a	÷	E—W	S	m	N	
— ampla	o?	h?	÷	a	a [2])	÷	÷	.	.	.	N?	[2]) kun fundet ved Anholt Knob.
— helix	n	m	e	e	e	e	a?	VII—VIII	W—F	m	.	
Tintinnopsis campanula	n	m	e	e	e	e	e?	VIII	W—F	m	.	
— baltica	n	m	?	e?	e	e	e	E	.	m	.	
— beroidea	n	?	e	e	e	e	e	W—F	S	m	.	
— ventricosa	n	?	?	e	a?	?	?	.	.	.	.	
— relicta	n	?	?	e?	e	e	e	S	.	m	B	Findes ogsaa i det asowske Hav og Aralsøen.
— nucula	n	?	?	e	e	e	e	S	.	m	.	
— karajacensis	n	?	e	?	e	e	?	E?	.	.	.	
— tubulosa	n	?	?	e	e	e	?	.	.	.	.	
— pellucida	n	m	÷	a?	e	a?	÷	V—VI	E—W	m	N	
— hottnica	n	?	?	?	e [3])	?	?	.	.	m	B	[3]) hidtil kun i Randers Fjord.
Tintinnidium mucicola	n	?	?	e	e	e	?	S	W	m	.	
Cothurnia borealis	n	m	÷	÷	a [4])	e	e	S—E	W—F	m	B	[4]) kun i den sydlige Del.

Ligesom i min forrige Afhandling (Ostenfeld 1913 a) har Forkortelserne følgende Betydning: a = allogenetisk; B = baltisk; d = diakmisk; E = Efteraar; e = endogenetisk; F = Foraar; h = holoplanktonisk; m = meroplanktonisk (anden Kolonne) eller monakmisk (næstsidste Kolonne); N = nordlig; n = neritisk; o = oceanisk; S = Sommer (Aarstids-Kolonne) eller sydlig (sidste Kolonne); W = Vinter; I, II, III o. s. v. = Januar, Februar, Marts o. s. v.; ÷ = mangler.

En Parenthes om a eller e betyder, at Angivelsen sandsynligvis er rigtig, men at den ikke er underbygget af tilstrækkelige Data. Et Spørgsmaalstegn betegner Usikkerhed eller Mangel paa tilstrækkelige Oplysninger.

LITERATURFORTEGNELSE.

Afsluttet 1. Juli 1915.

Tillæg til Literaturfortegnelsen i min foregaaende Afhandling (Ostenfeld 1913 a).

Bergh 1880. BERGH, R. S.: Tiarina fusus (Clap. & Lachm.). — Vidensk. Medd. Naturh. Forening for 1879—80, København 1880, p. 265.

Brandt 1896. BRANDT, KARL: Die Tintinnen (der Grönlandsexpedition unter Leitung Dr. von Drygalski's 1892—93) in: Bibliotheca zoologica, Heft 20, Lief. 2. Stuttgart 1896.

Brandt 1906—07. BRANDT, KARL: Die Tintinnodeen der Plankton-Expedition. — Ergebn. d. Plankton-Expedition d. Humboldt-Stiftung. Bd. III, L.a. Atlas von 70 Tafeln + Tafelerklärungen nebst kurzer Diagnose der neuen Arten 1906. Systematischer Teil 1907. Kiel u. Leipzig.

Brandt 1910. BRANDT, KARL: Tintinnodea, in: Bulletin trimestriel etc., publiè par le bureau du Conseil permanent internat. pour l'exploration de la mer. Résumè planktonique, Part I, Copenhague 1910.

Bulletin planktonique 1908—11. Bulletin planktonique pour les années 1908—1911, publié par le bureau du Conseil permanent international pour l'exploration de la mer, 1—2me partie, Copenhague 1912—14.

Claparède et Lachmann 1858. CLAPARÈDE et LACHMANN, JOH.: Études sur les infusoires et les rhizopodes. Mémoires de l'Instit. nat. Genévois, Tome V, 1858.

Cleve 1899 b. CLEVE, P. T.: Plankton collected by the Swedish Expedition to Spitzbergen in 1898. — Kgl. Svenska Vetenskap. Akad. Handl. Bd. 32, No. 3, Stockholm 1899.

Daday 1887. DADAY, EUG. v.: Monographie der Familie der Tintinnodeen. — Mitteil. Zool. Stat. in Neapel, Bd. 7.

Delage et Hérouard 1896. DELAGE, J. et HÉROUARD, E.: Traité de zoologie concrète. Tome I. La cellule et les protozoaires. Paris 1896.

Fauré-Fremiet 1908. FAURÉ-FREMIET, E.: Étude déscriptive des Peridiniens et des Infusoires ciliés du plankton de la Baie de la Hougue. — Ann. Sc. nat., Zool., 9 sér., VII, 1908.

Gran 1912. GRAN, H. H.: Preservation of Samples and quantitative Determination of the Plankton. — Publ. de Circonstance, No. 62. Copenhague, Avril 1912.

Hamburger 1913. HAMBURGER, CLARA: Flagellata (Protomastigineae, Cystoflagellata) und Sarcodina (Amoebeae, Heliozoa, Sticholonche) des nordischen Planktons. — Nordisches Plankton, 16. Lief., 1913.

Hamburger u. v. Buddenbrock 1911. HAMBURGER, CL. und VON BUDDENBROCK, W.: Nordische Ciliata mit Ausschluss der Tintinnoidea. — Nordisches Plankton, 15. Lief., 1911.

Herdman 1915. HERDMAN, W. A., ANDREW SCOTT and H. MABEL LEWIS: An Intensive Study of the Marine Plankton around the South End of the Isle of Man, Part VIII. — Rep. for 1914 on the Lancashire Sea Fish. Labor., Liverpool 1915.

Jørgensen 1899. JØRGENSEN, E. (1899): Ueber die Tintinnodeen der norwegischen Westküste. — Bergens Museums Aarbog for 1899, N. 2.

Jørgensen 1900. Jørgensen, E.: Protophyten und Protozoen im Plankton aus der norwegischen Westküste. Ibid. 1899, N. 6.

Jørgensen 1901. Jørgensen, E., Protistenplankton aus dem Nordmeere in den Jahren 1897—1900. Ibid. 1900, No. 6.

Jørgensen 1912. Jørgensen, E.: Bericht über die von der schwedischen Hydrographisch-Biologischen Kommission in den schwedischen Gewässern i den Jahren 1909—1910 eingesammelten Planktonproben. — Svenska Hydrogr.-biolog. Kommiss. Skrifter IV.

Lemmermann 1903. Lemmermann, E.: Flagellatae, Chlorophyceae, Coccosphaerales und Silicoflagellatae. — Nordisches Plankton, herausgegeb. von K. Brandt u. C. Apstein, 2. Lief., 1903.

Levander 1894. Levander, K. M.: Materialen zur Kenntniss der Wasserfauna in der Umgebung von Helsingfors, mit besonderer Berücksichtigung der Meeresfauna. — Acta soc. pro fauna et flora fennica, 12. Helsingfors. 1894.

Levander 1900. Levander, K. M.: Über das Herbst- und Winterplankton im finnischen Meerbusen und in der Åland-See 1898. — Ibid., 18. 1900.

Lohmann 1911. Lohmann, H.: Eier und Cysten des nordischen Planktons. Nordisches Plankton, 13. Lief., 1911.

Merkle 1909. Merkle, H.: Untersuchungen an Tintinnodeen der Ost- und Nordsee. — Wissensch. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F., Bd. 11, 1909.

Meunier 1910. Meunier, A.: Microplankton des mers de Barents et de Kara, in: Duc d'Orléans, Campagne arctique de 1907. Bruxelles 1910 (1911?)

Mielck 1913. Mielck, W.: Heliozoa und Radiolaria, in: Bulletin trimestriel etc., publié par le bureau du Conseil permanent internat. pour l'exploration de la mer. Résumé planktonique III, Copenhague 1912—1913.

Minkiewitsch 1903. Minkiewitsch, R. K.: Ueber eine neue Art Codonella im Plankton des Asow- und Aralischen Meeres. — Wissensch. Ergebn. der Aralsee-Exp., Lief. 1903, Taschkent, p. 43—46, Fig. 1. (Russisk).

Müller 1786. Müller, O. F.: Animalcula infusoria fluviatilia et marina. Hafniæ, 1786. 4⁰.

Ostenfeld 1904. Ostenfeld, C. H.: On two new marine species of Heliozoa, occurring in the Plankton of the North Sea and Skager Rak. — Medd. Komm. f. Havundersøgelser, Serie Plankton, Bd, I, N. 2. København 1904.

Ostenfeld 1910 b. Ostenfeld, C. H.: Marine Plankton from the East-Greenland Sea collected during the Danmark Expedition 1906—1908. I. List of Diatoms and Flagellates. — Medd. om Grønland XLIII. 1910.

Ostenfeld 1912. Ostenfeld, C. H.: Noctiluca and Globigerina in: Bulletin trimestriel etc., publié par le bureau du Conseil permanent internat. pour l'exploration de la mer. Résumé planktonique III, Copenhague 1912—1913.

Ostenfeld 1913 a. Ostenfeld, C. H.: De danske Farvandes Plankton i Aarene 1898—1901. Phytoplankton og Protozoer. 1. Phytoplanktonets Livsvilkaar og Biologi, samt de i vore Farvande iagttagne Phytoplanktonters Optræden og Forekomst. — Kgl. Danske Vid. Selsk. Skrifter. 7. Række, Naturvid. og Mathem. Afd. IX. 2. 1913.

Petersen, H. E. 1905. Petersen, Henning Eiler: Contributions à la connaissance des phycomycètes marins (Chytridinae Fischer). — Bull. Acad. Roy. sc. et litt. de Danemark 1905, No. 5.

Vanhöffen 1897. Vanhöffen, E.: Die Fauna und Flora Grönlands; in: E. v. Drygalski, Grönland-Exp. d. Gesellsch. f. Erdkunde 1891—93. 2. Band, I Teil, Berlin 1897.

RÉSUMÉ DU MEMOIRE PRECÉDENT:
LE PLANKTON DES MERS DANOISES DE 1898 à 1901, PHYTOPLANKTON ET PROTOZOAIRES.

2. PROTOZOAIRES; ORGANISMES DE POSITION INCERTAINE; PARASITES DES ORGANISMES DU PHYTOPLANKTON.

Introduction (pp. 369—371)[1]

Dans mon travail sur le plankton des mers danoises au cours des années 1898—1901, t. I, Phytoplankton (Ostenfeld 1913 a[2]), j'ai publié mes recherches sur les organismes du phytoplankton marin danois et sur leurs conditions d'existence. Ce travail représentait la partie principale de ma contribution aux recherches planktoniques qui furent entreprises, sur l'initiative de M. C. G. Joh. Petersen dans les mers danoises pendant les années 1898—1901.

Mais lorsque j'étudiai le phytoplankton d'après les nombreux échantillons recueillis, je ne tardai pas à voir qu'il était naturel de s'occuper aussi des protozoaires du plankton, car par suite de leurs dimensions et de leurs mode d'apparition ils étaient plus faciles à étudier pour celui qui s'occupait des organismes du phytoplankton que pour ceux qui avaient affaire aux métazoaires.

En outre des protozoaires, on tint compte également des organismes de catégorie incertaine que l'on apercevait dans les échantillons, et enfin on observa çà et là quelques parasites des organismes du phytoplankton.

Ce sont les résultats de ces recherches que je publie sous une forme correspondante à celle que j'ai adoptée pour traiter du phytoplankton. Pour ce qui est des observations générales sur le mode de cueillette (voir la carte p. 370), sur la méthode de recherche, etc. . . ., je puis donc renvoyer à mon travail précédent (voir pp. 299—301). Les tableaux qui s'y trouvent publiés (pp. 239—298) comprennent, outre les organismes du phytoplankton, les protozoaires examinés dans le présent travail; c'est donc la qu'il faudra chercher des renseignements détaillés sur les conditions de leur présence.

Pour rendre mon travail aussi complet que possible, j'y ai fait entrer tous les renseignements que j'ai pu connaître par la suite sur les protozoaires et autres organismes analogues de notre plankton marin, de sorte que cette étude contient plus que ne promet son titre, en ce sens que nous avons essayé de donner une revue générale de tous nos protozoaires marins du plankton.

Un trait common à tous les groupes de protistes examinés ici, c'est que ce sont des organismes hétérotrophes, autrement dit consommateurs de substance, tandis que les organis-

[1]) Les chiffres entre parenthèses précédés d'un p. se rapportent aux pages du mémoire danois.

[2]) Voir la bibliographie aux pp. 232—238 et 421—422.

mes du phytoplankton, -- du moins pour la plupart, — sont autotrophes ou producteurs de substance. Nous sommes donc en présence de la partie «débit» du grand-livre de la mer; à cette partie appartiennent encore les métazoaires et les bactéries. Ces dernières, ainsi que les autres petits organismes unicellulaires que ne retient pas la gaze de soie la plus fine (c'est ce qu'on appelle le nannoplankton) n'ont pas été étudiées dans nos mers danoises, et elles étaient en dehors du domaine des recherches consignées ici. Mais, sauf cette exception, on peut considérer que le présent mémoire achève l'étude complète de tous les groupes d'organismes contenus dans le plankton de nos mers pendant la période 1898—1901.

I. Protozoaires (pp. 372—408).

A. **Flagellata** (pp. 372—376).

1. Pyritoflagellata.

Ebria tripartita (p. 372). Cet organisme n'a pas sa place parmi les *Silicoflagellata*, où on le range d'ordinaire; il appartient aux Flagellées dépourvues de chromatophores et par suite hétérotrophes. La ressemblance entre lui et les Silicoflagellées provient de la présence d'un squelette siliceux ajouré entre les branches duquel se trouvent le plasma et le noyau de l'organisme; mais tandis que chez les Silicoflagellées les branches du squelette sont des tubes creux, ils sont solides chez *Ebria*; il est plus difficile de dire quelle place il faut attribuer à l'*Ebria* parmi les Flagellées animales; elle doit former en tout cas une section à part, que je propose de dénommer *Pyritoflagellata*, nom formé par analogie avec celui de *Pyritophyceæ* pour les Diatomées.

On trouve l'*Ebria* dans toutes nos mers en deça de Skagen, bien qu'elle n'y soit pas en grand nombre. J'ai étudié en 1910 (Ostenfeld 1910) son mode de présence dans les mers scandinaves. Il résultait de cette étude que l'*Ebria* est un organisme d'eau saumâtre qui a son habitat propre dans la Baltique, mais qui pénètre à travers les mers danoises avec le courant sortant.

On ne sait rien de sont cycle d'evolution; mais il est vraisemblable que l'*Ebria* est holoplanktonique et monacmique. Elle est eurythermique et euryhaline, oscillant entre 1° et 21° C. et environ 4 ‰ et 25 ‰ (peut-être davantage) de salinité. A cause de son squelette durable, elle est entraînée fort loin dans le plankton, et l'indication de sa présence à la hauteur de Mandal sur la côte sud de la Norvège et au large de la Belgique doit vraisemblablement être attribuée à l'existence de squelettes vides dans le plankton.

2. Cystoflagellata.

La *Noctiluca miliaris* (p. 373) peut, en tous cas dans le Limfjord, se rencontrer en telle quantité qu'elle est charriée dans les ports et se dépose sur les plages où elle forme d'épaisses bordures composées de milliards de petites boules rouge pâle tirant sur le gris, de la grandeur d'une tête d'épingle; on a souvent pris ces globules pour des œufs de poisson, auxquels ils ressemblent du reste beaucoup, à un examen superficiel.

On voit clairement par le tableau nº 76 (p. 372) que la *Noctiluca miliaris* n'apparaît en grande masse que dans la Mer du Nord et dans le Limfjord. Dans une portion du Skager Rak située près du Danemark elle apparaît aussi pendant les deux années considérées, mais en quantité très variable, et dans le Cattégat elle fait totalement défaut en 1900, tandis qu'en 1899 on la rencontra par exemplaires isolées juspu'au haut-fond de Schultz.

Dans le Cattégat et plus avant vers la Baltique, cet organisme n'est qu'un hôte qui apparaît assez souvent, bien que clairsemé, dans la portion septentrionale et diminue de fréquence à mesure qu'on s'avance vers le Sud. J'ai publié en 1912 une examination de son mode de présence dans le domaine international; il résulte de cet examen qu'il apparaît

dans nos mers jusque dans le Grand Belt, et M. Lohmann (1908) signale sa présence près de Kiel en novembre-décembre. Cependant tous ces témoignages d'existence en deçà de Skagen doivent être rapportés à des immigrations dues à l'intervention du «courant jutlandais» salé se dirigeant vers l'intérieur. La *Noctiluca* n'est pas indigène dans nos mers à l'intérieur de Skagen et ne récessit pas à s'y maintenir vivante; elle doit y être importée chaque année, et c'est à cette circonstance qu'il faut attribuer les grandes variations que l'on constate dans sa présence d'une année à l'autre.

Dans le domaine international du Nord et de l'Ouest de l'Europe la *Noctiluca* a son habitat dans la partie méridionale de la Mer du Nord et dans la Manche; de là les courants marins la transportent vers le Nord ou vers l'Ouest.

La *Noctiluca* est chez nous (et du reste dans tout le domaine de la Mer du Nord et de la Manche) un type automnal. Dans les deux années (1899—1900) représentées par le tableau, on note une certaine différence en ce qui concerne la période de floraison: d'une part fin de juillet, d'autre part septembre; cette différence doit provenir de variations dans le courant jutlandais; en 1898 la période de floraison commença, à la fois dans le Limfjord et près de Tyborøn, au début du mois d'août, ce qui égalise quelque peu la différence observée entre les deux années suivantes.

La *Noctiluca* disparaît entièrement de notre plankton danois en hiver et elle n'apparaît qu'à l'automne suivant, tandis qu'au Sud de la Mer du Nord et dans la Manche on la rencontre toute l'année, bien qu'à certaines époques elle soit en quantité très réduite.

Elle exige pour prospérer une température et une salinité assez élevées.

C'est incontestablement parce qu'elle a besoin d'un haut degré de salinité qu'elle ne pénètre pas plus avant dans nos mers; à notre point de vue on peut donc la qualifier de sténohaline; par contre elle est plutôt eurytherme, quoiqu'elle ait un optimum élevé en ce qui concerne ce dernier facteur.

La *Noctiluca* est, par rapport à ses dimensions, un organisme fort vorace, qui vit de Péridinées, de Flagellées et de Diatomées, dont on retrouve souvent des débris de squelette dans son intérieur. —

Outre les deux Flagellés signalées ici, il en existe certainement une série d'autres dans nos mers, principalement des formes nues et petites, qui ne sont pas recueillies par les filets ou qui ne sont pas reconnaissables dans des échantillons conservés, et sur lesquelles nos recherches n'ont pu par suite nous donner aucun renseignement.

B. **Sarcodina** (pp. 376—382).

1. Rhizopoda.

On peut trouver dans le plankton des amibes nues, mais seulement par exception et en faible quantité. (Lohmann 1908).

2. Heliozoa.

Je démontrai pour la première fois en 1904 que des héliozoaires pouvaient se présenter comme organismes du plankton marin: en étudiant le plankton des mers danoises j'ai rencontré deux organismes qui appartiennent incontestablement aux héliozoaires et que j'ai décrits dans une petite étude (Ostenfeld 1904). Ces mêmes organismes ont été étudiés ensuite par M. Mielck (1913) et M[elle] Clara Hamburger (1913).

L'*Acanthocystis pelagica* (p. 376) à été trouvée au cours de l'année 1900, en octobre et novembre dans la Mer du Mord au large de Tyborøn et près du récif de Skagen, et en septembre et octobre dans le Limfjord près de Nykøbing. Plus tard on l'a rencontrée à différentes reprises en mers danoises dans le Skager Rak et à l'extrémité Nord du Cattégat; de plus, d'après les catalogues internationaux du plankton (1906 et 1909), elle a été observée dans la

partie orientale de la Mer du Nord, et je l'ai vue dans le plankton recueilli près du récif de Horn. Elle paraît donc confinée dans un domaine relativement restreint.

Elle apparaît dans le plankton automnal (monacmique) et n'a été rencontrée que dans la période entre septembre et novembre.

Elle a visiblement son habitat dans la région Est de la Mer du Nord et de là elle est entraînée qar le courant jutlandais dans le Skager Rak et le Cattégat, où elle disparaît bientôt, sans doute par suite de la salinité trop faible.

Rhaphidiophrys marina (p. 377). Melle Hamburger (1913, p. 205) aduret que cette espèce est «wohl sicher» identique à l'espèce d'eau douce *R. pallida* Schultze, que j'ai également indiquée comme sa plus proche parente. Cependant il vaut certainement mieux maintenir, provisoirement, la distinction entre ces deux espèces. *R. pallida* a ses aiguilles siliceuses disposées en faisceaux, tandis que dans *R. marina* elles sont également distribuées à la surface de l'organisme, et il ne me paraît pas d'une évidence immédiate que cette différence provienne de ce que les matériaux examinés par moi étaient conservés.

Les conditions de présence de *R. marina* sont analogues à celles d'*Acanthocystis*. Au cours des années d'enquête (1898—1901) elle n'a pas été observée, sans doute parce qu'elle a échappé aux regards. Plus tard je l'ai rencontrée près du récif de Horn et près de celui de Skagen (Ostenfeld 1904). M. Mielck (1913) lui assigne pour domaine toute la région Sud et Est de la Mer du Nord, plus (d'après les recherches anglaises sur le plankton) la partie Ouest de la Manche entre 1° et 5° de latitude Ouest; enfin il a eu une indication isolée de la présence de *R. marina* à l'Ouest des îles Shetland et une autre de sa présence à l'entrée méridionale de la Mer d'Irlande; on ne sait pas au juste quelle est la valeur de ces dernières indications. Il vaut mieux se borner provisoirement à dire que le domaine de *R. marina* comprend essentiellement la Manche et la portion Sud-Est de la Mer du Nord. C'est sans doute un type côtier que le courant jutlandais entraîne dans la direction du Nord le long de la côte Ouest du Jutland et qui est arrêté dans le Cattégat septentrional par l'eau baltique de moindre salinité.

C'est un type de fin d'automne, qui a son maximum en octobre—novembre. Il peut à certains moments se présenter en assez grande abondance dans le plankton (degré de fréquence c) et on doit le considérer comme sténohalin, mais eurytherme.

3. Taxopoda.

La *Sticholonche zanclea* (p. 378), dont la position systématique est très incertaine, est placée ici après le groupe *Heliozoa*; on l'a aussi rapportée au groupe *Radiolaria*, et il se peut qu'il faille lui assigner une place entre ces deux groupes. Le corps ovale, oblique, de cet animal est muni de faisceaux d'aiguilles siliceuses longues, sculptées. Ces aiguilles siliceuses, qui ont une certaine analogie de forme avec un spermatozoaire et de sculpture avec une diatomée, ont été considérées comme des organismes indépendants et décrits comme tels, c'est-à-dire comme des diatomées. C'est ainsi que M. Leuduger-Fortmorel les a décrits sous le nom de *Spermatogonia antiqua*, et M. Karsten (1905—1907) sous le nom de *Sceptroneïs Victoriae*. Je crois que c'est M. Cleve qui a signalé le premier le véritable état de choses; plus tard M. van Heurck (Voyage du S. V. Belgica, Botanique, Diatomées, 1909, p. 52), entre autres, a fait observer qu'une figure d'une de ses propres planches ne répresentait pas une diatomée mais une aiguille siliceuse de *Sticholonche*.

La *Sticholonche* a une très large distribution dans les mers du globe, et il est vraisemblable qu'on la rencontrera dans toutes les mers où la temperature n'est pas trop basse et où règnant des conditions océaniques. Il semble bien en effet que ce soit un type océanique, mais susceptible d'ètre entraîné fort loin par les courants et de pénétrer ainsi dans le plankton des eaux côtières. Jusqu'à présent on a signalé cet organisme en beaucoup de

points très différents de l'Océan Atlantique, depuis les régions antarctiques jusqu'à la Mer de Kara, ainsi que dans la Méditerranée et dans l'archipel malais.

Dans nos mers danoises on ne l'a pas observé (faute d'avoir pu ou su le voir?) au cours des années d'enquête 1898—1901, mais on l'a signalé plus tard dans la Mer du Nord; on l'a rencontré aussi à plusieurs reprises, mais toujours en faible quantité, dans le Skager Rak et dans le Cattégat septentrional, où l'indication la plus méridionale provient de l'Est de l'île de Læsø, par 57° 15′ de latitude Nord.

Les indications se rapportent à la période d'hiver (novembre et février), époque a laquelle s'observent dans le Skager Rak le plus grand nombre de types étrangers, océaniens. Sans aucun doute le courant qui contourne au Nord les Iles Britanniques a apporté la *Sticholonche* dans la Mer du Nord et de là dans le Skager Rak et dans le Cattégat du Nord, où sa marche en avant a été arrêtée par les eaux baltiques.

4. **Radiolaria** (pp. 379—381).

Les nombreuses Radiolaires que l'on connaît par le plankton marin ont presque toutes leur habitat propre au large des océans, — ce sont des types *océaniques* et *holoplanktoniques*, — et la plupart d'entre elles apparaissent dans les couches profondes. Il ne fallait donc pas s'attendre à priori a en trouver beaucoup d'espèces dans le plankton de nos eaux côtières peu profondes, et c'est ce qui n'a pas eu lieu non plus dans la réalité. On connaît cependant toute une série d'espèces provenant de la partie profonde du Skager Rak, et, comme il est naturel, quelques-unes d'entre elles sont de temps à autre entraînées par le courant salé sous-marin qui, se dirigeant vers l'intérieur, les amène dans nos eaux, c'est-à-dire dans la partie plus basse du Skager Rak et dans la partie septentrionale (plus profonde) du Cattégat.

Les *Acanthariées* font exception à la règle qui veut que les Radiolaires vivent de préférence dans les couches d'eau profondes: ce sont des animaux de surface; elles contiennent souvent des cellules jaunes, assimilatrices d'acide carbonique, qui vivent en symbiose avec elles, et qu'on appelle *Zoozanthelles.* C'est aussi en fait le groupe de Radiolaires qui se trouve le plus fréquemment dans le plankton des eaux danoises,

Malheureusement la systématique des Acanthariées est très difficile, et notre connaissance de ces organismes est extrêmement incomplète, de sorte qu'il est impossible pour le moment de donner une liste sûre des espèces d'Acanthariées qui habitent nos eaux. Je me sois donc borné à signaler la présence d'Acanthariées en général sans indication de genre ou d'espèce.

a. *Acantharia* (pp. 379—380).

Au cours des années d'enquète les Acanthariées sont seulement indiquées comme ayant été trouvées dans les échantillons du bateau-phare d'Anholt Knob en juin 1899, en février 1900 et en octobre 1900; mais cette rareté provient certainement de ce que les types qui se présentaient n'ont pas été inscrits sur les listes parce que je n'ai pas pu les déterminer quant à l'espèce. Dans l'étude faite par M. Mielck sur les Radiolaires pour les enquêtes marines internationales (1913, p. 340—342, 353), l'auteur résume les conditions de présence des Acanthariées dans les mers danoises en des termes que nous avons reproduits ci-dessus, p. 380.

Les espèces dont il s'agit ici sont en première ligne *Zygacanthidium echinoide* et *Acanthometron pellucidum.* Il faut citer en seconde ligne les espèces suivantes, que l'on a rencontrées assez souvent dans le Skager Rak mais qui ne sont pas signalées dans le Cattégat, bien qu'on doive vraisemblablement les y trouver à certains moments, en tout cas dans la partie septentrionale: *Acanthochiasma Krohni, A. fusiforme, Acanthometron Mülleri, Zygacanthidium pallidum* et *Litholophus* sp.

b. *Spumellaria* (p. 380).

Aucune espèce de ce groupe n'a été trouvée dans le Cattégat ni dans la portion danoise du Skager Rak; par contre on en a recueilli toute une série dans la partie profonde du

Skager Rak. Les plus fréquentes de ces espèces, — et par suite celles qu'on peut s'attendre à trouver de préférence dans nos eaux, — sont les suivantes d'après les catalogues internationaux du plankton: *Chromyechinus borealis*, *Echinomma leptodermum*, *Hexaconthium entacanthium*, *H. pachydermum*, *Phorticium pylonium* et *Rhizophlegma boreale*.

c. *Nassellaria* (pp. 380—381).

Une espèce de ce groupe, *Plagiacantha arachnoides*, se rapproche au point de vue biologique des Acanthariée, en ce sens qu'elle est un organisme de surface; et par suite on l'a assez souvent rencontrée dans nos eaux. Au cours des années d'enquête, on ne la signale, — comme les Acanthariées, — que près d'Anholt Knob; mais, comme il ressort des recherches internationales sur le plankton, elle est sans aucun doute beaucoup plus répandue dans nos eaux, en particulier dans le Skager Rak et dans le Cattégat septentrional. D'après M. Mielck (loc. cit., p. 328) il ne dépasse pas en général dans les mers danoises l'île de Læsø et Anholt Knob, mais dans la portion septentrionale «wird sie jedoch ziemlich regelmässig angetroffen».

Outre la *Plagiacantha*, on a trouvé dans le Skager Rak diverses autres Nassellaries, dont une espèce, la *Lithomelissa setosa*, a été rencontrée une seule fois fort avant dans nos eaux intérieures, à l'entrée du Grand Belt (novembre 1903).

d. *Tripylea* (p. 381).

A ce groupe appartiennent deux espèces atlantiques largement répandues, qui apparaissent fort régulièrement dans la partie profonde du Skager Rak et qui peuvent être entraînées par exception dans les mers danoises, savoir: *Challengeron diodon* et *Protocystis tridens*. La première a été rencontrée tout à l'intérieur du Gullmarfjord en Bohuslän (Suède), et la seconde a été rencontrée une fois pendant les années d'enquête (21 août 1898) dans le Skager Rak, au Nord-Ouest du bateau-phare de Skagen.

5. **Foraminifera** (p. 381).

La plupart des foraminifères sont des animaux de fond, mais quelques-uns d'entre eux sont des organismes du plankton bien connus, dont l'un en tous cas, la *Globigerina bulloides*, joue un grand rôle dans le plankton océanique. Cet organisme ne s'est pas rencontré dans les mers danoises.

Sur sa présence dans l'Atlantique du Nord et dans les eaux avoisinantes, voir Ostenfeld 1912.

C. **Ciliata** (*Infusoria*) (pp. 382—408).

Le plupart des subdivisions du grand groupe des Infusoires ciliés ont peu d'importance pour le plankton marin, car les protozoaires qui en font partie sont liés à la côte et particulièrement aux sédiments déposés au fond de l'eau le long des côtes et à la végétation littorale. Il y a cependant une section, celle des *Tintinnidées*, qui se compose pour ainsi dire exclusivement de types pélagiques et qui peut être richement représentée, — qualitativement et quantitativement, — dans le plankton des mers danoises.

1. **Holotricha** (p. 382—383).

Tiarina fusus. En 1880 R. S. Bergh constitua un nouveau genre d'infusoires, *Tiarina*, pour un organisme que Claparède et Lachmann avaient décrit sous le nom *Coleps fusus*; ils l'avaient rencontré dans la Mer du Nord. Bergh le trouva nageant librement dans le Petit Belt au mois d'août, où on «le recueillit en grandes masses, au cours d'une pêche pélagique, tout à la surface de l'eau».

Cet organisme paraît se présenter fort régulièrement dans nos eaux vers la fin de l'été et en automne.

Pendant les années d'enquête, on ne l'a noté qu'en 1900, dans le Limfjord en novembre, près du bateau-phare du récif de Skagen en octobre et dans la passe de Læsø en novembre, et il n'était abondant dans aucun des échantillons. Plus tard on l'a rencontré à plusieurs reprises dans le Cattégat, dans le Skager Rak et dans la Mer du Nord, ainsi que dans un échantillon provenant de la mer des Belts (août 1904). M. Lohmann (1908) le mentionne dans la baie de Kiel, où il s'est présenté dans les mois de septembre—novembre, avec maximum en octobre. Au reste, je le connais bien par des échantillons de plankton provenant de la région tempérée de l'Atlantique du Nord, où il peut être fort abondant, et je l'ai également vu dans l'Atlantique tropical. Dans cette dernière région j'ai observé sur des matériaux vivants que l'organisme en question contient des Zooxanthelles vivant en symbiose, comme c'est le cas pour beaucoup de Radiolaires.

Sa présence dans nos eaux et dans les domaines limitrophes coïncide seulement avec les mois d'automne, et cette circonstance, jointe à sa large distribution dans les eaux tempérées et chaudes de l'Atlantique Nord, me paraît bien indiquer que *Tiarina fusus* est chez nous un des nombreux types «méridionaux» qui sont entraînés en automne avec l'eau salée entrante et qui ne parviennent pas à vivre ici. —

Dans son grand travail sur le plankton de la baie de Kiel (1908) M. Lohmann mentionne deux autres infusoires holotriques, savoir *Didinium nasutum* et *Mesodinium rubrum* (Syn. *Halteria rubra*). On les rencontrera certainement aussi dans les mers danoises.

2. Oligotricha (pp. 383—405).

Au groupe *Oligotricha* appartiennent, outre les Tintinnidées, quelques infusoires que M. Lohmann mentionne dans son grand ouvrage (1908). Les plus importants appartiennent au genre *Laboea* Lohm. Nous en trouvons décrites 3 espèces: *L. conica*, *L. strobila* et *L. globosa*; elles sont toutes trois diacmiques comme tant d'autres diatomées du plankton, et doivent se comporter comme celles-ci au point de vue biologique, c'est-à-dire que ce sont des types néritiques qui séjournent au fond de l'eau pendant les périodes défavorables, et qui ont probablement un stade de repos (cystes de repos?). Ces espèces de *Laboea* se trouveront certainement dans le plankton des Belts aussi bien que dans celui du Cattégat, et si on n'a pas encore constaté leur présence chez nous, cela tient sans doute exclusivement à des observations incomplètes. M. H. H. Gran (1912, tabl. IV) inscrit *Laboea strobila* et «*Laboea*, other species» d'après quelques échantillons recueillis dans le Skager Rak en juin 1911.

Tintinnoidea (pp. 384—405).

Plusieurs Tintinnidées jouent un rôle fort important dans le plankton marin, et par moments elles peuvent se présenter en grand nombre. Cependant tel n'est pas le cas en général; mais on les trouve en petite quantité dans presque tous les échantillons de plankton.

Nous connaissons mal la faculté de variation des espèces, et c'est pourquoi la détermination de beaucoup de formes est incertaine ou difficile. Nous étions encore en plus mauvaise posture quand on procéda à l'examen microscopique des matériaux dont nous traitons ici, car il avait été publié fort peu de chose sur les Tintinnidées boreales. Depuis ce temps il a paru à leur sujet une littérature entièrement nouvelle, et par suite mes déterminations se trouvent en retard, du moins en ce qui concerne plusieurs genres. J'ai pu corriger dans une certaine mesure ce défaut en confrontant les études récentes avec les notices que j'avais écrites au moment de l'examination, mais dans plusieurs cas j'ai dû reconnaître mon insuffisance et me contenter de déterminations de genre de groupe.

Pour des raisons de commodité, je suis en ce qui concerne la délimination des genres la monographie de M. Brandt (1906—1907), sans vouloir indiquer par là que je reconnais comme juste la délimination choisie par lui. De la sorte le genre *Amphorella* se trouve

rangée dans *Tintinnus* et *Leprotintinnus* dans *Tintinnopsis*. En revanche je préfère énumérer les genres dans un autre ordre.

Dictyocysta elegans (p. 385) est une forme océanique qu'on ne connaît pas dans nos eaux et qui ne saurait guère y vivre, car elle demande une salinité assez élevée; mais son coquille (lorica) vide a été trouvée par M. Hensen (1890) une fois dans la Baltique, et en outre M. Cleve (1900 a) a observé cette même espèce dans le Skager Rak (il devait s'agir aussi simplement d'une coquille vide).

Tintinnus acuminatus (pp. 385—386) a une fort grande entension dans nol eaux, mais il ne se présente jamais en grand nombre. Pendant les années d'enquête on l'a rencontré assez souvent près du bateau-phare du récif de Skagen et près d'Anholt Knob, c'est-à-dire dans les deux stations où l'influence de la côte se fait le moins sentir, ce qui indique le caractère océanique de cette espèce. On l a noté parfois dans la passe de Læsø, dans la baie d'Aalborg, sur le haut-fond de Schultz, dans le Grand Belt et dans le Sund, ainsi que dans le Petit Belt. Il semble faire défaut dans le Limfjord et dans la Baltique proprement dite. C'est un organisme largement répandu, de caractère océanique septentrional, qui apparaît à peu près en toutes saisons. Il a son maximum de fréquence en automne et en hiver et il est très rare au printemps et à l'entrée de l'été. Il est assez difficile, dans l'état actuel de nos connaissances, de décider s'il est endogénétique ou allogénétique. Son caractère océanique septentrional et sa préférence pour les régions les moins influencées par les côtes, témoignent en faveur d'une immigration dans nos eaux.

Tintinnus Steenstrupii (p. 386) n'est pas très fréquent dans nos eaux, et au cours des années d'exploration il ne se présente que dans les régions extérieures de ces eaux: Mer du Nord, Limfjord, Skager Rak et Cattégat. Dans le Limfjord on ne l'a du reste observé qu'une fois (7. Nov. 1899), et il y avait été vraisemblablement apporté de la Mer du Nord par le courant dirigé vers l'intérieur. Pour ce qui est du Skager Rak et du Cattégat septentrional il existe une série de trouvailles qui toutes, sauf deux exceptions, se placent dans les mois de juillet—septembre, autrement dit dans la seconde partie de l'été. Les constatations diminuent de fréquence à mesure qu'on pénètre plus avant dans le Cattégat; le *T. Steenstrupii* est incontestablement une espèce océanique, qui est introduite dans nos eaux par le courant venu de la Mer du Nord, mais qui n'est pas en état de s'y maintenir.

Tintinnus norvegicus (p. 387) qui a son habitat dans l'Atlantique septentrional, est apporte de temps à autre dans le Skager Rak par les eaux de l'Océan, et peu même pénétrer exceptionnellement dans le Cattégat; ainsi on l'a trouvé près d'Anholt Knob en 1911 (15. juin).

On doit le considérer dans nos eaux comme un hôte septentrional très rare; il n'a jamais été noté dans les eaux danoises pendant les années d'exploration; on ne le rencontre pas non plus avec cette provenance dans les catalogues internationaux du plankton, d'après lesquels il n'est pas très rare de le voir pénétrer dans la partie ouverte du Skager Rak.

Tintinnus amphora, var. *quadrilineata* (p. 387). Brandt (1907, p. 434) note cette espèce dans le Cattégat (octobre); par ailleurs il n'existe pas de données sur sa présence dans nos eaux. C'est une espèce oceanique temperée, qui arrive parfois sur la côte occidentale de la Norvège.

Tintinnus Jørgensenii (pp. 387—388). Dans les échantillons de plankton provenant du Limfjord près de Nykøbing on a trouvé au cours des années d'exploration une petite Tintinnidée que j'ai rapportée alors, avec quelque hésitation, au *T. mediterraneus* Mereschkowsky (Ann. and Magaz. Nat. Hist., 5e Sér., t. VII, 1881, p. 211, tabl. 12, fig. 1 et 2). La forme signalée par nous n'était exactement semblable à aucune des deux variétés établies et reproduites: var. *neapolitana* et var. *pontica*, mais elle était intermédiaire entre ces deux variétés et différait de toutes deux par certains détails; cependant l'espèce signalée par Mereschkowsky était

la seule dont il pût être question à cette époque. Mais plus tard notre espèce a été décrite par Cleve (1902 a, p. 22 avec fig.) comme provenant de la Mer du Nord (au large de la Hollande) et du Skager Rak, sous le nom de *Codonella Jørgensenii*. Vraisemblablement identique à elle est aussi l'*Amphorella Jørgensenii* Fauré-Fremiet (1908, p. 235, fig. 22) provenant de la Manche (baie de la Hougue). Le dessin de Fauré-Fremiet ressemble tout à fait à la forme notée dans le Limfjord, tandis que le dessin de Cleve en diffère quelpue peu. La différence la plus importante consiste en ce que dans la figure de Fauré-Fremiet le «cou» annelé est nettement séparé de la partie principale de la coquille, tandis que la transition entre ces deux parties est plus continue sur la figure de Cleve. Or la forme du Limfjord a précisement ce cou nettement distinct, ce que j'ai pu vérifier en l'examinant à nouveau.

M. Brandt (1907) a pensé que la *Codonella Jørgensenii* pouvait être une forme de la *Tintinnopsis baltica* Bdt., hypothèse que suggère peut-être en effet le dessin de Cleve, qui a le caractère d'une esquisse; mais M. Jørgensen (1912, p. 11) fait observer avec raison que l'organisme en question n'a rien à faire avec la *T. baltica*. Quant à la question de savoir à quel genre il faut rapporter notre forme, M. Jørgensen (loc. cit.) la résout, non sans hésitation, en la maintenant dans *Codonella*. Dans la mesure où j'ai pu en observer la structure, qui est très faible, elle a le même caractère que la structure du *T. norvegicus* et rappelle beaucoup une peau de chagrin. Je n'ai pas vu de «corps étrangers» sur le côté externe de coquille. Je pense donc que M. Fauré-Fremiet a raison de rapporter son espèce au genre *Amphorella;* mais comme ce genre n'est pas reconnu par M. Brandt (1907) et que je suis la délimination des genres adoptée par lui, j'appellerai provisoirement cette espèce *Tintinnus Jørgensenii*.

Les catalogues internationaux du plankton la signalent dans la région hollandaise de la Mer du Nord sous les noms de *Cyttarocylis Jørg.* et d'*Amphorella Jørg.*; ils la signalent en outre dans le Skager Rak. Cette espèce est donc répandue le long des côtes occidentales de l'Europe: Manche, Mer du Nord, Limfjord, Skager Rak et côte occidentale de la Norvège.

Au cours des années d'exploration (1898—1901) on ne l'a rencontrée dans les mers danoises que dans le Limfjord et seulement vers l'automne, savoir en juillet—septembre 1899 et en août—septembre 1900; les indications données par les catalogues internationaux du plankton et par Cleve se rapportent surtout au mois d'août, certaines tombent aussi en novembre, et, somme toute, on peut dire que c'est une forme de fin d'éte et d'automne, qui paraît avoir un optimum de température fort élevé. Elle est vraisemblablement endogénétique dans le Limfjord, mais dans le Skager Rak elle arrive sans doute avec «le courant jutlandais» et ce doit être également ce même courant qui l'a transportée jusqu'à la côte Ouest de la Norvège. A notre point de vue, c'est une forme méridionale, car son habitat propre est dans la région méridionale de la Mer du Nord et dans la Manche. C'est incontestablement une forme néritique.

Tintinnus subulatus (pp. 388—390) est assez répandu dans toutes nos mers danoises, mais il est rare qu'il se présente en grande quantité. Pendant les années d'exploration on l'a observé dans toutes les sections: Mer du Nord, Limfjord, Skager Rak, Cattégat, Belts, mer des Belts et Baltique proprement dit. Il paraît surtout abondant dans le Limfjord et dans la Baltique.

Presque toutes les indications se rapportent à la seconde moitié de l'année (voir le tableau nº 77); le maximum paraît se placer dans le mois d'août ou un peu plus tard, mais il se produit un peu plus tôt dans le Limfjord, ce qui est en corrélation avec le fait que les eaux du Limfjord s'échauffe plus tôt que nos autres mers danoises. En hiver et au printemps il fait défaut dans notre plankton. On peut rapprocher de cette constatation le fait que le *T. subulatus* produit des cystes de repos, qui doivent passer l'hiver au fond de la mer.

Après les années d'exploration les catalogues internationaux du plankton signalent sa présence dans nos eaux, et ces données concordent avec les précédentes; presque toutes les

indications tombent dans les trimestres d'août et de novembre, un très petit nombre seulement dans le trimestre de février, aucune dans celui de mai.

Somme toute, *T. subulatus* est une forme automnale largement répandue, qui exige une assez haute température pour prospérer, mais qui doit être très euryhaline, car elle prospère aussi bien dans les baies intérieures de la Baltique que dans le Limfjord et près de la côte occidentale de la Norvège. Elle est visiblement endogénétique dans toutes nos eaux.

En dehors du domaine que nous venons d'indiquer, cette espèce n'est signalée que dans la partie côtière méridionale de la Mer du Nord jusqu'aux Flandres, dans la Manche, dans la Mer Blanche et dans le domaine méditerranéen; son caractère nettement néritique est manifesté par le fait qu'elle suit étroitement les côtes dans sa distribution et évite les conditions océaniques.

La *Ptychocylis urnula* (pp. 390—391) est assez répandue dans la plupart de nos eaux, mais il est rare qu'elle se présente en grande masse. Au cours des années d'exploration on l'a observée dans des échantillons provenant de la Mer du Nord devant Tyborøn, du Skager Rak et du Cattégat, mais non du Limfjord (une seule fois on l'a recueillie dans l'évasement de Nissum juste en dedans de la passe de Tyborøn); elle ne s'est pas rencontrée non plus dans les Belts, ni dans la mer des Belts, ni dans la Baltique. Nous savons cependant par d'autres enquêtes qu'elle peut pénétrer dans le Grand Belt et qu'on l'a observée une fois dans la mer des Belts (près du Belt de Fehmern); mais ce sont là des exceptions. On peut dire d'une façon générale que sa limite du côté de la Baltique se trouve dans le Grand Belt ou un peu plus au Sud; elle n'apparaît pas dans la Baltique proprement dite, et même dans la mer des Belt on peut considérer qu'elle fait pratiquement défaut, ce qui concorde avec le fait qu'on ne l'a jamais notée dans la baie de Kiel; elle a donc sa limite intérieure dans nos eaux, et elle est surtout abondante dans les portions de ces eaux où les conditions sont le plus océaniques. C'est sans doute la raison pour laquelle elle manque dans le Limfjord, dont la salinité ne saurait guère être un obstacle à sa présence, comme on peut admettre que c'est le cas pour le Baltique et la mer des Belts.

La *Ptychocylis urn.* est une forme océanique septentrionale, qui a son habitat propre dans l'Atlantique du Nord, d'où elle émigre dans la mer norvegienne et dans la Mer du Nord et, — avec moins d'abondance, — dans les mers danoises. M. Brandt (1910) a étudié sa distribution et son mode de présence dans le domaine parcouru par les explorations maritimes internationales. Cette forme était surtout répandue dans l'Atlantique du Nord et dans la mer norvegienne et ne paraissait pas liée à une saison déterminée, sauf que dans la Mer du Nord, le Skager Rak et le Cattégat elle était assez rare pendant le trimestre d'août, ce qui peut s'expliquer par la température élevée de cette période; elle atteint son maximum dans ces régions pendant le trimestre de mai. Dans nos eaux le maximum paraît se placer aux alentours de mars—avril (voir le tableau nº 78).

Cette espèce n'a visiblement pas son habitat propre dans nos eaux; elle y pénètre avec le courant venu de la région septentrionale de la Mer du Nord.

Cyttarocytis (pp. 391—397). — Les espèces du genre *Cyttarocytis* sont très variables, — bien qu'elles ne le soient pas autant que celles du genre *Tintinnopsis*, — et les déterminations faites il y a environ quinze ans ne sont peut-être pas toujours parfaitement exactes.

Cyttarocytis serrata (p. 391). Au même groupe la *C. serrata* appartient une autre espèce voisine, *C. Ehrenbergii*, qui paraît également se présenter dans nos eaux, bien qu'elle y soit très rarement signalée: il se peut dés lors que certaines des indicätions relatives à *C. serrata* doivent être rapportées en réalité à *C. Ehrenbergii*, quoique je ne considère pas la chose comme vraisemblable. Il s'est plutôt produit parfois une confusion entre *C. serrata* et *C. denticulata* dont nous parlerons ci-dessous.

C. serrata ne se rencontre avec quelque régularité que dans le Limfjord: on l'y a observé tous les ans en 1898–1900 dans la période comprise entre le milieu de juin et le milieu d'octobre, avec maximum en juillet. En dehors du Limfjord, on a des indications sûres de sa présence dans la Mer du Nord devant Tyborøn et près du récif de Skagen; moins certaines sont quelques indications sur sa présence dans le Cattégat et dans la Baltique; mais je l'ai trouvée assez abondamment dans l'embouchure du fjord de Randers en août 1915.

Je considère *C. serrata* comme une forme de la Mer du Nord qui entre dans le Skager Rak avec le courant dit «jutlandais» et qui peut par moments être transportée assez loin dans l'intérieur de nos eaux, mais qui ne saurait y vivre.

C'est une espèce nettement néritique, qui ne se présente pas au large de l'Océan; à notre point de vue nous pouvons l'appeler une espèce méridionale, ce qui concorde avec son apparition en été et en automne. On l'a trouvée avec de cystes de repos, et nous devons supposer qu'elle passe l'hiver avec leur aide; l'espèce est ainsi méroplanktonique.

Cyttarocylis Ehrenbergii (p. 392). Cette espèce n'a pas été trouvée pendant les années d'exploration, mais il existe diverses indications de sa présence dans nos eaux ou près d'elles. Ainsi M. Aurivillius (1898) l'a notée en provenance du Skager Rak; mais étant donné qu'il la considère comme identique à la *Tint. fistularis* Moeb. (= *Cytt. helix*), sa trouvaille concerne plutôt cette dernière forme, commune dans nos eaux. En revanche la *C. Ehrenbergii* est signalée dans le Cattégat en août 1904 et en novembre 1907, ainsi que dans le Skager Rak et le Cattégat en 1910 (Jørgensen 1912), et ces trouvailles doivent être certaines.

Cette espèce est répandue le long de la côte occidentale de la Norvège et dans la Mer du Nord, et dès lors il est très compréhensible qu'elle puisse être de temps en temps entraînée dans le Skager Rak et dans nos eaux intérieures par le courant baltique.

Elle se distingue de *C. serrata* en ce que les dents lui font défaut dans l'ouverture de la coquille et le prolongement aboral est solide et pourvu d'ailes (de trois ailes sur la coupe transversale); *C. serrata* a un grand nombre de petites dents quelque peu émoussées dans l'embouchure de la coquille et un prolongement creux, sans ailes; mais les deux espèces semblent très proches parentes l'une de l'autre. Outre l'espèce principale on a signalée aussi en provenance du Skager Rak la variété *Claparedei* (Dad.) Brandt.

Cyttarocylis denticulata (pp. 392–395). — M. Brandt (1896, 1907) a démontré que les nombreuses formes que l'on peut rassembler sous la désignation commune de *C. denticulata* se partagent naturellement en deux groupes: un groupe de haute mer, qu'on peut appeler *C. edentata* Bdt., et un groupe d'eaux littorales pour lequel il vaut mieux employer la désignation originaire de *C. denticulata*. Dans chacun de ces groupes un grand nombre de variétés et de formes ont été distinguées, en particulier par M. E. Jørgensen (1899, 1901); mail je ne les ai pas étudiés de près. Il faut noter cependant que les formes du groupe littoral sont en régle générale plus grandes et ont des coquilles plus longues que les formes du groupe de haute mer; c'est pourquoi on trouvera souvent certaines d'entre elles dénommées *C. gigantea* Bdt. ou *C. denticulata* var. *gigantea*; d'autres noms sont *C. dent.* var. *cylindrica* Jørg. et var. *subrotundata* Jørg. Des organismes ainsi désignés sont donnés comme provenant de nos eaux sur les listes internationales de plankton. Mais la majorité des *C. dent.* trouvées dans les mers danoises doivent être mises au compte de la forme que M. Jørgensen (1899) appelle *a, typica*.

Pendant les années d'exploration *C. dent.*, — autrement dit le groupe littoral, — a été observée dans toutes nos eaux à l'exception du Limfjord, de la mer des Belts et de la Baltique propre; elle est surtout fréquente dans le Skager Rak et le Cattégat septentrional et elle diminue de fréquence à mesure qu'on pénètre plus avant dans nos eaux. Elle est parfois

fort abondante, mais sa fréquence semble varier suivant les années; ainsi elle était plus abondante en 1900—1901 qu'en 1899—1900 (voir notre tableau nº 79).

M. Brandt a étudié récemment (1910) la distribution de ce groupe de formes dans le domaine des explorations marines internationales au cours des années 1902—1908; il estime que *C. dent.* n'est pas «heimisch» dans le Cattégat ni dans la mer des Belts, non plus que dans la région méridionale et centrale de la Mer du Nord, mais que sa présence dans ces eaux est due à l'importation et à l'immigration par les courants, — opinion à laquelle je me range complètement.

C. dent. apparaît en toutes saisons dans notre plankton, mais pas avec la même abondance. Elle a un minimum en été. Cela tient sans doute à la haute température de l'eau. J'ai réuni 142 indications de la présence de *C. dent.* dans nos eaux, et elles se répartissent par trimestres de la façon suivante:

trim. de janvier	trim. d'avril	trim. de juillet	trim. d'octobre
33	34	28	47

Ces chiffres dénotent un minimum d'été en même temps qu'un maximum fort accusé dans le trimestre d'octobre. Nous interpréterons au mieux ces indications en disant que l'espèce immigre dans nos eaux pendant la saison froide, mais ne réussit pas à s'y maintenir pendant la saison chaude. Au reste son immigration est déterminée aussi par un autre facteur important, de caractère hydrographique, qui est le degré de salinité. Sans doute l'espèce en question est très euryhaline, mais, comme l'indique M. Brandt (*loc. cit.*), «ein Salzgehalt von mehr als 18 oder 20 ‰ ist erforderlich», et elle ne vit que par exception dans une eau de salinité moindre. C'est pourquoi on la rencontre principalement dans les couches profondes de nos eaux intérieures, et le degré de salinité détermine son avancée plus ou moins grande dans nos eaux, tandis que la température détermine la saison de son apparition.

L'absence complète de cette espèce dans le Limfjord concorde bien avec notre hypothèse qui la considère comme allogénétique chez nous. En effet les conditions d'une immigration dans le Limfjord sont difficiles; et comme l'espèce en question ne peut y vivre pendant l'été, — ce qui lui serait d'autant difficile que la température d'été du Limfjord est généralement plus élevée que dans nos autres eaux, — il faudrait qu'une nouvelle invasion se produisît chaque année, ce qu'on ne peut guère imaginer car c'est en contradiction avec le fait que le Limfjord a son plankton à lui, qui se développe sur les lieux mêmes. Par contre le degré de salinité ne s'opposerait pas à sa présence dans ce fjord.

J'estime que le plus naturel est de considérer *C. dent.* comme un organisme néritique holoplanktonique de caractère septentrional; il doit être endogénétique dans le Skager Rak, mais il est allogénétique dans le Cattégat, dans les Belts et dans la mer des Belts, où se trouve la limite intérieure de son expansion.

En dehors de nos eaux danoises, cet organisme se présente comme boréal, circumpolaire.

Cyttarocylis pseudannulata (p. 395) est une espèce peu connue et rare; elle est indiquée dans le Skager Rak en mai 1904 (Catalogue Internat. du plankton 1906), mais avec un point d'interrogation. On la connaît par ailleurs sur la côte norvégienne occidentale, dans la mer norvégienne et dans la mer d'Irminger (Brandt 1907), et il se peut qu'il faille lui attribuer quelques indications d'Aurivillius (1898) relatives à *C. annulata*.

Cyttarocylis (?) *ampla* (p. 395). C'est aussi une espèce rare et peu connue. On l'a signalée près d'Anholt Knob au printemps de 1911 (15 janv. et 1er mars), d'après les listes internationales de plankton. Au reste elle a été trouvée près Väderöarne dans le Skager Rak (déc. 1910), d'après Jørgensen (1912, p. 8), et le long de la côte norvégienne occidentale près

de Bergen en novembre et en décembre. C'est de ce dernier point que M. Jørgensen (1899, p. 17, fig. 4) l'a décrite et produite. M. Jørgensen pense que l'espèce en question n'appartient pas au genre *Cyttarocylis* mais au genre *Amphorella*, où elle «eine isolierte Stellung einnimmt» (1912, *loc. cit.*).

A en juger par les rares trouvailles, elle semble se présenter avec très peu d'abondance. Pour ce qui est de son extension géographique, on ne la connaît que dans le Cattégat septentrional, dans le Skager Rak et sur la côte Ouest de la Norvège, et on ne l'a rencontrée que dans la saison d'hiver. Il se peut que'elle soit une forme septentrionale, qui a été entraînée jusqu'à nos côtes par le Gulf-Stream.

Cyttarocylis helix (pp. 395–397). Cette espèce largement répandue dans nos eaux se place, en ce qui concerne la structure de la coquille (lorica), pour ainsi dire sur la frontière entre les genres *Cyttarocylis* et *Tintinnopsis*, et c'est provisoirement un peu une question d'appréciation de savoir auquel il faut la rapporter. D'après M. Brandt (1907, p. 219) «ist die Sonderung der Hülsen mit mehr oder weniger vollkommen entwickelter *Tintinnopsis*-Struktur (*Ttps. Davidoffii*) von solchen mit *Cyttarocylis*- und *Coxliella*-Struktur (*Cytt. helix*) praktisch kaum durchführbar». Comme j'évite autant que possible dans le présent travail les considérations systématiques, je laisse l'espèce en question dans le genre *Cyttarocylis*, où M. Jørgensen (1899) l'a placée et où M. Brandt (1907) la maintient, mais au fond j'incline à penser qu'elle appartient plutôt au genre *Tintinnopsis*.

Cette espèce est en général facile à reconnaître; mais comme elle est très variable en ce qui concerne la forme et la structure de la coquille, les variations extrèmes peuvent causer un certain nombre de difficultés. Dans mes déterminations des échantillons de plankton j'ai inscrit des variantes de ce genre en les dénommant *Ttps. Davidoffii* et *Ttps. Lobiancoi* (dans les deux cas avec point d'interrogation), et elles figurent sous ces noms dans les tableaux de mon précédent travail (Ostenfeld 1913 a). Il ressort clairement des paroles de M. Brandt citées plus haut ainsi que d'autres déclarations de lui dans sa monographie (Brandt 1907, p. 178, 220) qu'il est pratiquement impossible de discerner les variantes extrèmes de *Cytt. helix* des notions systématique quelque peu problématiques qu'on désigne sous les noms de *Ttps. Davidoffii* Dad. et de *Ttps. Lobiancoi* Dad., et par suite je considère qu'il est plus naturel de rapporter à la *Cytt. helix*, largement répandue, mes indications antérieures relatives à ces deux formes conjecturales. Cependant la plupart des indications de *Ttps. Lobiancoi* concernent plûtot la *Ttps. Karajacensis* (voir cette espèce).

L'espèce *Cytt. helix* est endogénétique dans nos eaux et ne paraît pas y avoir de frontières ni vers le dehors ni vers l'intérieur. Elle est nettement néritique et comme telle prospère dans le Limfjord, mais semble moins fréquente au large dans le Skager Rak et dans le Cattégat septentrional. Comme l'indique le tableau nº 80, c'est une forme estivale caractérisée; son maximum se place en juillet—août et elle exige une température élevée; elle fait défaut en hiver et au début du printemps. Comme elle produit des cystes de repos, il est à croire qu'elle hiverne grace à eux au fond de la mer.

Tintinnopsis (pp. 397—405). — Notre connaissance des espèces contenues dans ce genre est encore très incertaine; il existe en fait une confusion vraiment chaotique, et on ne peut guère songer à l'éclaircir tant que nous ne posséderons pas une étude approfondie, de préférence expérimentale, sur les aptitudes des espèces à varier. Toutes ces espèces, — en tous cas celles qui apparaissent dans nos mers danoises, — sont nettement néritiques et sont certainement toutes endogénétiques au Danemark.

On a jusqu'à présent signalé dans les mers danoises toute une série d'espèces, dont quelques-unes il est vrai sont simplement des synonymes ou des formes d'autres espèces. J'ai cité par ordre alphabétique (pp. 397—398) tous les noms qui ont été appliqués aux formes de *Tintinnopsis* provenant de nos eaux.

Ces «espèces» peuvent se répartir naturellement, d'après la forme de la coquille (lorica), en 8 grandes espèces collectives ou groupes d'espèces: 1. *T. campanula — Bütschlii — cincta — cyathus;* 2. *T. baltica;* 3. *T. beroidea — parvula — nana — parva;* 4. *T. ventricosa — relicta — nucula;* 5. *T. Brandtii;* 6. *T. Karajacensis — Lobiancoi;* 7. *T. tubulosa — Lohmanii — subacuta;* 8. *T. bottnica — pellucida.*

Tintinnopsis campanula (pp. 398—400). Sous sa forme typique cette espèce est la plus facilement reconnaissable de tout le genre; elle se distingue en ce que l'ouverture de la coquille est largement évasée; l'extremité aboral se prolonge le plus souvent en une pointe plus ou moins longue. Au reste cette espèce est assez variable, en ce sens que le col peut se réduire considérablement (*T. cincta* auctt. et *T. cyathus* Daday) et que le prolongement peut devenir rudimentaire ou manquer totalement (*T. Bütschlii* Daday et *T. cyathus*), ce qui peut donner lieu à des formes difficilément déterminables. Cependant des formes de ce genre sont assez rares dans nos eaux, et la forme typique est la plus commune.

T. campanula est une de nos Tintinnidées ordinaires; elle se présente dans toutes nos eaux depuis la Baltique jusqu'à la Mer du Nord et au Limfjord. Il ne paraît pas qu'il y ait de différence sensible dans sa fréquence suivant les diverses eaux, ce qui prouve que c'est une espèce très euryhaline. En revanche elle dépend beaucoup de la température de l'eau et se présente chez nous comme une forme d'eaux chaudes bien caractérisée ayant son optimum vers la fin de l'été et en automne. Cela ressort clairement du tableau nº 81. Dans le Limfjord, dont l'eau s'échauffe plus vite en été que celle de nos autres régions marines, elle apparaît plus tôt qu'ailleurs et elle y atteint son maximum dès le mois de juillet, tandis que dans les autres eaux ce maximum se place aux environs du mois d'août. Elle disparaît de nouveau du plankton à la fin de l'automne, de façon qu'elle est pratiquement absente au mois de décembre; elle ne reparaît pas avant l'été. Elle possède d'après Lohmann (1908, p. 297) des cystes de repos, comme plusieurs autres espèces.

La *T. campanula* est également commune dans les eaux voisines des nôtres, et d'une façon générale elle est largement répandue dans les eaux littorales tempérées et chaudes.

Tintinnopsis baltica (p. 400). Cette espèce, elle aussi, est relativement aiseé à reconnaître; elle a été mentionnée et reproduite pour la première fois comme provenant des mers boreales par M. Moebius (1887) sous le nom de *Codonella orthoceras*, parce que ce savant l'identifiait à tort avec l'espèce subtropicale de ce nom signalée par Haeckel.

Elle est sans doute largement répandue (quoique faible numériquement) dans les mers danoises, mais dans l'examen des échantillons elle n'a pas été sépàrée comme une espèce à part, sauf dans quelques cas isolés. C'est pourquoi nous connaissons mal sa distribution dans nos parages. Cependans cette lacune a été comblée en partie par les études de plankton des explorations maritimes internationales. Des tableaux publiés dans ces études il résulte que la *T. baltica* se présente dans toutes nos mers depuis la Baltique jusqu'au Skager Rak en passant par la mer des Belts, les Belts et le Cattégat Il apparaît qu'elle a son maximum de fréquence et de régularité en automne et en hiver. M. Laackmann (1906) déclare qu'il a constaté chez elle l'existence de cystes de repos.

Tintinnopsis beroidea Stein (p. 400). On désigne le plus souvent sous ce nom toutes les petites formes de *Tintinnopsis* présentant une coquille courte, allongée, près cylindro-conique, dont l'ouverture est large, c'est-à-dire rétrécie d'une façon insignifiante, mais dépourvue de col; l'extrémité aborale de la coquille se termine en général plus ou moins en pointe (var. *acuminata* Daday); elle est rarement arrondie. La *T. beroidea* comprend certainement plusieurs formes, et du reste on en a distingué deux dans ces dernières années, savoir une forme très petite, mince, la *T. nana* Lohmann (1908), et une petite forme plus large, la *T. parva* Merkle (1909). Enfin M. Jørgensen (1912) a cru devoir répartir le reste entre deux espèces: *T. beroidea*

(Stein) Entz, Daday, *sensu stricto*, et une espèce qu'il appelle *T. parvula* Jørg. et qui est la forme ordinaire dans nos eaux, autrement dit celle que M. Brandt par exemple (1906—1907) et ses élèves appellent *T. beroidea*.

C'est donc aussi cette dernière forme, *T. parvula*, qui porte le nom de *T. beroidea* dans mes tableaux de plankton comme dans les travaux des explorations maritimes internationales, et comme M. Stein a décrit son espèce d'après des exemplaires provenant de la Baltique, il me paraît préférable de suivre M. Brandt et d'appeler notre espèce *T. beroidea*, même si MM. Entz et v. Daday ont employé la désignation de M. Stein pour une espèce méditerranéenne voisine.

Je ne puis rien dire au sujet de la présence des deux petites espèces *T. nana* et *T. parva* dans les mers danoises; mais comme toutes deux ont été décrites comme provenant de la baie de Kiel, on peut supposer qu'elles se trouvent aussi chez nous.

La *T. beroidea*, dans son acception ancienne, est une de nos Tintinnidées les plus fréquentes et les plus nombreuses. C'est ce dont témoignent les nombreuses indications données dans les tableaux de plankton de la partie précédente de mon travail; mais comme je ne puis être sûr de toutes ces indications, la *T. beroidea* et la *T. ventricosa* (*sensu lato*) n'étant certainement pas toujours discernées alors comme il le fallait, je ne veux pas essayer de présenter son mode d'apparition dans un tableau du type ordinaire. Je me contenterai de dire que cette espèce a été trouvée dans toutes nos eaux et en toutes les saisons, mais qu'elle paraît surtout fréquente au printemps et en hiver. Dans la baie de Kiel elle se distingue d'après Lohmann (1908, p. 295) par le fait qu'elle est la seule Tintinnidée qui prospère surtout dans la saison froide et qui soit fréquente pendant tout l'hiver. Les listes internationales de plankton nous donnent pour les mers danoises une idée analogue de son mode d'apparition; les indications les plus nombreuses se placent dans le trimestre de novembre et les plus rares au mois d'août.

Tintinnopsis ventricosa (p. 401). Nous avons, en analogie avec l'espèce collective *T. beroidea*, une espèce *T. ventricosa sens. lat.*, sous laquelle on comprend des formes de *Tintinnopsis* petites, courtes, ovoïdes ou piriformes avec un rétrécissement d'ouverture bien net; cette embouchure, bien distincte, apparaît comme un cou court et large au-dessous duquel la coquille s'évase notablement; l'extrémité aborale est tantôt arrondie (*T. nucula*), tantôt plus ou moins pointue.

Sous cette dénomination on comprend en tout cas 3 formes, qui paraissent pouvoir être maintenues distinctes et servir à désigner des espèces, savoir: *T. nucula* (Fol) Brandt, *T. relicta* (Mink.) et *T. ventricosa* (Clap. et Lachm.) Jørg., *sens. stricto*. Mais ces espèces n'avaient pas été distinguées à l'époque où l'on procéda à l'examen des échantillons recueillis en 1898—1901; c'est pourquoi les données inscrites dans mes tableaux nous apprennent seulement qu'une espèce de ce groupe se trouvait dans le plankton, mais sans dire quelle espèce. Nous devons nous reporter pour plus de détails aux explorations des années ultérieures, autrement dit aux tableaux de plankton des explorations maritimes internationales et aux travaux sur le plankton des pays voisins du Danemark. On en tire les conclusions suivantes:

La *T. ventricosa sens. str.* proprement dite est sans doute assez rare dans les mers danoises et paraît s'en tenir aux régions extérieures de salinité forte: Mer du Nord, Skager Rak et Cattégat septentrional. M. Jørgensen, à qui nous devons la distinction entre la *T. ventricosa* proprement dite et l'espèce qui j'appelle *T. relicta*, dit (1912, p. 3) qu'il n'a vu la *T. ventricosa* que dans le Skager Rak (dans des échantillons de 1909 et de 1910), tandis qu'en même temps la *T. relicta* était fréquente dans des échantillons provenant de la mer des Belts et de la Baltique, mais parvenait aussi jusqu'au Skager Rak. Ces constatations concordent avec l'impression que j'ai eue, à savoir que la forme dénommée *T. relicta* dans ce qui va suivre est la forme commune dans nos eaux. *T. ventricosa* est visiblement une forme qui exige (ou qui supporte) une salinité plus grande.

Tintinnopsis relicta (pp. 401—402). Comme nous venons de la dire, M. E. Jørgensen (1912) a indiqué que sous la dénomination de *T. ventricosa* telle qu'on l'emploie ordinairement on réunit deux espèces. Comme la *T. ventricosa* originaire (1858) de Claparède et Lachmann a été décrite et reproduite comme provenant de la côte Ouest de la Norvège, il est naturel de réserver ce nom à la forme qui habite cette région et les eaux littorales salines analogues, tandis qu'il faut trouver un autre nom pour la forme baltique, pour celle que Levander (1894), Brandt (1906—1907) et Laackmann (1906) ont décrite et reproduite. M. Jørgensen lui donne le nom de *T. Steinii* nov. sp.; mais j'estime qu'il existe un nom plus ancien dont il faut se servir. Dans une petite étude que contient une publication d'exploration russe, M. R. Minckiewitsch a décrit en 1903 une *Codonella relicta* provenant du plankton de la Mer d'Azov et de la Mer d'Aral. Cette espèce, que j'ai eu l'occasion de voir dans des échantillons de plankton de la Mer d'Aral (Ostenfeld 1908 c), concorde si exactement avec notre forme baltique que je n'hésite pas à l'identifier avec elle, ce que j'ai du reste déjà fait en examinant les échantillons du plankton des explorations internationales en provenance de nos eaux en novembre 1906 (Catalogue du plankton 1909). Les lieux de trouvaille, qui sont la Mer d'Azov et la Mer d'Aral, peuvent sembler bien éloignés de notre region, mais c'est un fait qu'un assez grand nombre de formes baltiques se retrouvent dans les divers lacs aux eaux saumâtres et golfes marins de la Russie méridionale. Cela signifie simplement que nous avons affaire à des formes spéciales aux eaux saumâtres, formes que nous pourrons retrouver en d'autres points du globe lorsqu'on aura mieux examiné les eaux saumâtres; plusieurs formes de ce groupe ecologique ont été trouvées aussi dans le Zuidersée.

T. relicta est, comme nous l'avons dit, fréquente dans toutes nos eaux, en particulier dans nos eaux intérieures, et il faut ranger sous cette espèce la plupart des formes qui jusqu'ici ont été dénommées *T. ventricosa*.

Tintinnopsis nucula (p. 402). La troisième espèce appartenant à *T. ventricosa sens. lat.* est notablement plus petite que les deux autres et par là se distingue facilement d'elles. C'est pourquoi aussi on l'a discernée plus tôt.

Cette espèce est également commune dans nos eaux, et certainement plus commune que ne le font supposer les captures par nos filets, car par suite de sa petitesse elle n'est retenue que d'une façon incomplète par le filet de soie le plus fin. D'après le catalogue international du plankton (1909) il est visible qu'elle est largement répandue dans le Skager Rak, le Cattégat et la mer des Belts, et mes esquisses provenant de l'examen des échantillons de 1898—1901 montrent clairement que mon attention était attirée sur cette petite forme distincte de la «*T. ventricosa*» ordinaire. Elle fut particulièrement abondante près de Rødvig dans la Baltique, où elle eut en septembre 1899 les indications de fréquence c et +. D'après Lohmann (1908, p. 295) c'est la plus fréquente des Tintinnidées et même de tous les Protozoaires dans la baie de Kiel.

En ce qui concerne leurs rapports avec la salinité de l'eau, les trois espèces du groupe Ventricosa représentent donc trois étapes: *T. ventricosa sens. str.*, *T. nucula* et *T. relicta*; toutes trois se présentent dans nos eaux.

Tintinnopsis Brandtii (p. 403). Cette espèce se reconnaît facilement à ce que son extrémité aborale est fortement élargie et aplatie. On ne la signale qu'une seule fois (*Bull. planktonique* 1908—1911) près d'Anholt Knob (mai 1911), mais on ne l'a pas rencontrée par ailleurs dans nos eaux, et l'indication provient peut-être d'une détermination erronée, car cette espèce n'est pas connue dans les eaux voisines des nôtres. Elle a son habitat propre dans la partie la plus intérieure de la Baltique.

Tintinnopsis Karajacensis (p. 403). Avec cette espèce nous arrivons aux formes de *Tintinnopsis* dont la coquille est allongée, c'est-à-dire plusieurs fois plus longue que large.

Le groupe Karajacensis se caractérise en ce que sa coquille est en forme cylindrique et fermée à l'extrémité aborale, laquelle n'est pas élargie.

Cette espèce a été d'abord décrite par Brandt (1896) comme provenant du fjord de Karajak sur la côte Ouest du Grœnland, et par suite on la considéra comme une espèce arctique; mais plus tard M. Brandt identifia avec elle des formes de *Tintinnopsis* provenant d'autres eaux littorales, par exemple du fjord de Kiel, du canal de Kiel, des fjords norvégiens et de la Mer du Nord près de Helder; on signale en outre deux variétés dans des eaux côtières tropicales. Elle a donc une large distribution.

Très proche voisine est l'espèce *T. Lobiancoi* Daday, qui en fait ne diffère d'elle que par les dimensions plus grandes de la coquille; il est donc naturel que Brandt (*loc. cit.*, p. 162) se soit demandé si les deux formes étaient vraiment des espèces distinctes.

En examinant les échantillons de 1898—1901 j'ai déterminé les individus cylindriques de *Tintinnopsis* comme appartenant à *T. Lobiancoi*, mais il probable qu'il faut les rapporter à *T. Karajacensis*; certaines de ces déterminations concernent cependant *Cytt. helix* (voir celle-ci). J'ai réexaminé en effet deux échantillons du Limfjord et j'y ai trouvé la *T. Karajacensis*, et dans le catalogue international du plankton cette espèce est également donnée en provenance du Cattégat; en outre quelques-unes de mes esquisses doivent s'interpréter comme représentant cette forme.

Sur sa fréquence et son extension dans nos eaux je ne puis donner provisoirement plus de renseignements.

Tintinnopsis tubulosa (p. 404). Le groupe Tubulosa se distingue de groupe Karajacensis en ce que l'extrémité aborale de la coquille est quelque peu élargie comme si on avait soufflé la partie postérieure, fermée. A ce groupe partiennent *T. tubulosa* Levand., *T. Lohmanni* Laackm. et *T. subacuta* Jørg. M. Merkle (1909) a montré que *T. tubulosa* et *T. Lohmanii* ne sont que des formes extrêmes d'une série continue et doivent être regardés comme une espèce unique. En ce qui concerne *T. subacuta* Jørg., M. Jørgensen (1912, p. 3) commence par maintenir son indépendance quoiqu' avec beaucoup d'hésitation, mais il ajoute ensuite, dans une addition postérieure (*loc. cit.*, p. 4), que «man alle 3 [= *T. tubulosa*, *T. Lohmanni*, *T. subacuta*] als eine Art betrachten sollte».

T. tubulosa n'a pas été trouvée dans nos eaux pendant les années d'exploration (1898—1901), mais par la suite on l'a observée à plusieurs reprises dans le Cattégat et dans le Grand Belt, et M. Jørgensen l'appelle «diese im Skager Rak bis zu Ostsee so häufige Art». S'il y a sur elle si peu d'indications, c'est en partie parce qu'elle a passé inaperçue, en partie parce qu'on l'a confondue avec d'autres espèces.

Tintinnopsis pellucida (p. 404) est notablement différente des espèces mentionnées ci-dessus, ce qui ressort aussi du fait qu'on l'a souvent déplacée dans le système; M. Jørgensen (1899) créa un genre spécial, *Leprotintinnus*, pour cette espèce et pour des espèces voisines. Ce qu'il y a de particulier en elle, c'est que la coquille cylindrique est ouverte à l'extrémité aborale; c'est en d'autres termes un véritable tuyau, et l'animal est fixé à la face interne de ce tuyau dans la portion aborale. La portion orale est visiblement annelée, et le revêtement de «corps étrangers», caractéristique de *Tintinnopsis*, peut parfois faire complètement défaut.

L'espèce est facilement reconnaissable; on ne peut la confondre qu'avec la *T. bottnica* (Nordq.) Levand., proche voisine, mais chez cette dernière la coquille se rétrécit notablement vers l'extrémité arrière pour s'élargir ensuite brusquement et considérablement, tandis que dans *T. pellucida* elle ne se rétrécit que faiblement et que l'élargissement de l'extrémité postérieure est faible et progressif.

Dans nos eaux la *T. pellucida* se rencontre fréquemment au printemps, surtout en mai—juin, et surtout dans le Cattégat. Elle est inconnue dans le Limfjord et

dans la Baltique propre, mais elle est connue dans le Skager Rak et dans le Grand Belt. Elle a donc sa frontière intérieure dans nos eaux.

C'est une espèce arctique, que l'on rencontre sur les côtes du Spitzberg et du Grœnland et sur la côte occidentale de la Norvège. Son apparition dans nos eaux coïncide avec la floraison des diatomées printanières; puis il disparaît entièrement du plankton. Il produit des cystes de repos.

Tintinnopsis bottnica (p. 405) est une éspèce d'eaux saumâtres caractérisée qui a son habitat dans les golfes de Botnie et de Finlande. On la signale aussi dans le Zuidersée et je l'ai rencontrée en 1915 dans l'eau saumâtre du fjord de Randers, où elle remplaçait *T. tubulosa* dans le partie intérieure et où elle fût elle-même remplacée par *T. relicta*.

Tintinnidium mucicola (p. 405) n'a pas été signalé dans nos eaux pendant les années d'exploration, mais cela doit signifier seulement que cet organisme a passé inaperçu. En effet, le trait caractéristique du genre *Tintinnidium* c'est que la lorica est gélatineuse, de sorte que les formes de ce genre sont très difficile à reconnaître à l'état conservé. L'espèce *T. mucicola* a été décrite comme provenant des eaux littorales de Bergen par Claparède et Lachmann (1858), et elle a été ensuite trouvée et étudiée en détail près de Kiel par Laackmann (1906) et Brandt (1906—1907). Il est donc très naturel qu'elle apparaisse aussi dans nos eaux, situées entre ces deux points; et en effet les tableaux internationaux du plankton la signalent dans la Baltique ainsi que dans le Cattégat en 1907 et 1908. Nous avons le droit d'en conclure qu'elle existait aussi précédemment dans les mers danoises mais qu'elle n'avait pas été reconnue.

3. Peritricha (pp. 405—408).

La plupart des Infusoires péritriques sont des formes sédentaires et par suite on n'a pas à s'en occuper en tant qu'organismes planktoniques, — sauf quand ils s'attachent à d'autres organismes du plankton; on les appelle alors Planktonepibiontes (B. Schröder, *Biolog. Centralbl.*, t. XXXIV, nº 5, 1914)[1]. On en connaît quelques-uns qui proviennent des eaux danoises.

On rencontre assez souvent sur divers Copepodes planktoniques, mais jamais en grande quantité, des Vorticelles; mais à ma connaissance on ne mentionne nulle part l'espèce ou les espèces dont il s'agit. Nous devons donc nous contenter provisoirement de la désignation générale de *Vorticella sp.* Elle parait surtout fréquente dans nos eaux intérieures, et c'est visiblement une forme néritique.

Mais plus importante est une autre épibionte planktonique néritique, qui est une espèce du genre *Cothurnia*.

Cothurnia borealis (pp. 406—408). Dans son grand travail sur le plankton de la Baltique M. Hensen mentionne et reproduit (1890) un petit organisme qui s'est présenté fréquemment attaché à l'espèce de *Chaetoceras* la plus commune dans la Baltique. Il le prit pour une Tintinnidée et son hôte pour un *Ch. boreale*, ce qui fit qu'il le dénomma *Tintinnus borealis*.

On a compris plus tard que cet organisme n'est pas une Tintinnidée mais un Infusoire péritrique du genre *Cothurnia*; et dès lors on l'a volontiers désigné dans les listes de plankton sous le nom de *C. maritima* Ehbg.; c'est ainsi que le désignent aussi les tableaux de la première partie de mon ouvrage (Ostenfeld 1913 a). Cependant je considère qu'il est plus

[1]) Des organismes attachés à ceux du plankton ont été souvent dénommés Epiplankton; mais M. B. Schröder objecte avec raison à cette expression qu'elle signifie «plankton sur plankton», de même que le terme d'«épiphyte» signifie une plante qui vit sur d'autre plante (ou sur des animaux). On peut ajouter à cette critique grammaticale une autre objection plus fondamentale, c'est que le terme d'épiplankton est employé, par ex. par M. G. Fowler, pour désigner le plankton des couches d'eau supérieures par opposition à mésoplankton (plankton des couches intermédiaires) et à hypoplankton (plankton appartenant aux couches inférieures, immédiatement voisines du fond).

convenable d'y voir une espèce à part, tout d'abord à cause de son mode d'existence particulier et ensuite parce que sa lorica est pratiquement assise à demeure et diffère assez par sa forme de la lorica de *C. maritima* telle qu'on la voit ordinairement reproduite. J'avouerai cependant qu'il serait fort à souhaiter qu'on étudiât plus à fond la structure de cet animal et par suite aussi qu'on le comparât en détail à *C. maritima*.

M[lle] Cl. Hamburger et M. von Buddenbrock (1911) ont récemment adopté pour les espèces de *Cothurnia* les anciens noms de O. F. Müller, *Trichoda innata* et *T. ingenita*; ils identifient le premier avec *Cothurnia maritima* Ehbg. et le second avec *C. crystallina* (Ehbg.) D'Ukedem. Si l'on maintient l'identité de notre organisme avec *C. maritima*, il faudra donc l'appeler *C. innata* (O. F. M.); mais je doute que les deux auteurs aient absolument raison dans leur identification. En considérant les reproductions de O. F. Müller (ses descriptions ne disent pas grand'chose), on constate que la *Trichoda ingenita* (tabl. 31, fig. 13—15) est incontestablement une *Cothurnia*, et comme elle est reproduite et mentionnée comme fixée à demeure, on comprend que Hamburger et v. Buddenbrock aient rapporté cette dénomination à *C. crystallina*. Mais il y a cette différence essentielle que la *C. crystallina* a une véritable surface basale qui lui permet de se fixer à demeure, tandis que la *Trichoda ingenita* ne paraît attachée que par un point basal, en quoi elle se rapproche des formes presque sans queue de *C. maritima*. D'après les reproductions je suis hors d'état de décider à quelle espèce il faut rapporter la *Trichoda ingenita* de Müller, et je me borne à dire que c'est une forme indéterminable de *Cothurnia*. Il y a plus d'incertitudes encore au sujet de la *Trichoda innata* (tabl. 31, fig. 16—19), car Müller l'a dessinée avec une abondante couronne ciliaire à l'extrémité orale, comme celle que présentent les Tintinnidées, et je suis très disposé à soutenir que c'est une Tintinnidée. C'est pourquoi je considère comme absolument erronée la tentative faite par Hamburger et von Buddenbrock pour identifier la *Cothurnia maritima* avec la *Trichoda innata*. Les deux espèces de *Cothurnia* doivent continuer à porter les noms bien connus de *C. maritima* et de *C. crystallina*.

Il est très remarquable que la *C. borealis* apparaisse seulement sur le *Chætoceras* et, qui plus est, sur une seule espèce, le *Chætoceras danicum* Cleve (l'identification donnée par Hensen de l'espèce de l'hôte était inexacte). On peut en voir de nombreux individus fixés sur des chaînes de cette espèce, et l'hôte ainsi que son épibionte paraissent se trouver très bien de cette vie commune.

La distribution de la *C. borealis* coïncide naturellement en général avec celle de son hôte, mais elle est cependant un peu plus restreinte que celle-ci; car bien que l'épibionte ne paraisse pas avoir de relation de nutrition avec son hôte, nous ne la rencontrons que dans les eaux où ce dernier prospère, savoir nos eaux les plus intérieures et toute la Baltique proprement dite.

On voit par le tableau n° 82 que sa «période de floraison» se place en été et en automne et qu'elle fait entiérement défaut dans le plankton au printemps. Si nous comparons l'apparition saisonelle de l'hôte, c'est-à-dire du *Chætoceras danicum*, nous constatons qu'elle est à peu près identique, en ce sens que le développement maximum se place dans la même saison; la différence réside seulement en ce que *Ch. danicum* est plus abondant et ne manque pour ainsi dire jamais dans le plankton, bien qu'il ait aussi une période minimale nettement marquée au printemps.

On trouve parfois dans les loricae de *Cothurnia* des cystes de repos (à paroi épaisse) au lieu de l'animal lui-même, et on a le droit d'en conclure que ces cystes ont été produits par transformation de l'animal, — conformément à ce qui a lieu chez plusieurs Tintinnidées et Diatomées, — et que l'animal a ainsi une période de repos, ce qui concorde avec sa périodicité saisonelle.

D'après ce qui précède, la *Cothurnia borealis* doit être caractérisée comme un organisme néritique méroplanktonique qui est assez eurytherme (avec optimum relativement élevé) et assez euryhalin (avec optimum très bas). C'est une forme typique des eaux peu salées de la Baltique, et elle ne supporte pas une forte salinité.

II. **Organismes de position incertaine** (pp. 408—412).

Sous la rubrique «organismes de position incertaine» j'ai rassemblé quelques organismes unicellulaires dont nous savons très peu de chose. Il se peut que certains d'entre eux soient des organismes indépendants, mais il se vérifiera vraisemblablement que la plupart sont des stades de développement (œufs, etc.) d'autres organismes, surtout de métazoaires, ainsi qu'il a été déjà démontré pour quelques-uns.

Comme certains d'entre eux sont très caractéristiques par leur mode d'apparition dans notre plankton, j'ai pensé qu'il valait mieux leur faire une place dans le présent travail; sans cela ils n'auraient pas été mentionnés dans les travaux sur le plankton des mers danoises.

Le peu que nous savons de leur véritable nature, nous le devons surtout à M. Lohmann (1904, 1911).

? *Corbicula socialis* (p. 409). Au début du printemps apparaît souvent en même temps que la première floraison de Diatomées un petit organisme qui forme des colonies et dont je n'ai pas pu déterminer la place. Il se compose d'une quantité de cellules de forme sphérique étroitement attachées les unes aux autres et constituant la périphérie d'une boule creuse (?). Chaque cellule se compose à son tour d'une partie centrale ronde, réfractive, entourée d'une masse gélatineuse claire qui n'est visible qui parce que sa face externe est pourvue de fines stries ressemblant à des degrés de longitude sur un globe terrestre; en coupe longitudinale optique, ces stries apparaissent comme un cercle de points qui sépare les diverses cellules les unes des autres.

J'ai observé cet organisme dans le plankton vivant et constaté qu'il était absolument dépourvu de chromatophores et de couleur d'aucune sorte, et il m'a été impossible d'y découvrir aucune espèce d'organe de mouvement.

M. Meunier (1910, p. 79; pl. IV, fig. 4) mentionne et reproduit un organisme qu'il appelle *Corbicula socialis*. Bien qu'il considère cet organisme comme ayant des flagelles et dessine les fines stries formant une enveloppe en forme d'entonnoir au fond duquel se trouve la cellule elle-même, c'est-à-dire la partie centrale réfractive, il me paraît que d'après la figure et la description la concordance est si grande entre son organisme et le mien que j'applique à celui-ci le nom donné par lui au premier. Mais d'autre part je suis persuadé que l'organisme que j'ai eu sous les yeux n'a absolument rien à faire avec le *Dinobryon*, dans le voisinage duquel M. Meunier place, — mais avec réserve —, la «*Corbicula*»[1].

Au cours des années d'exploration cet organisme a été trouvé dans le Limfjord, les Belts, la mer des Belts et la Baltique près de Rødvig. Sa période de présence s'étend de février à mai, avec maximum en mai.

[1]) Notre organisme a aussi plusieurs points de ressemblance avec quelques-uns des stades que E. Haeckel (*Jenaische Zeitschr. f. Medicin u. Naturw.*, VI, 1871) attribue à son curieux organisme *Magosphæra*, qui est présenté comme une catégorie spéciale de protozoaires (*Catallacta*). Mais les mesures données par Haeckel (diam. cellulaire 20 μ, noyau 6 μ) sont trop différentes des miennes pour que j'ose me prononcer sur l'identité. La *Magosphæra*, qui a été trouvée dans la mer près de Bergen, est dessinée par Haeckel à un certain stade comme une colonie sphérique de cellules piriformes dont l'extrémité large est tournée vers la périphérie de la sphère et est munie de nombreux cils courts, et le dessin de la surface de ce stade rappelle beaucoup l'organisme en question ici, mais avec cette différence que je n'ai observé aucun cil.

Il est certainement euryhalin (salinité de 11,2 ‰—29,0 ‰) et sténotherme (Tempér. 2,6°—4,0° pour présence + et c).

Radiosperma corbiferum (p. 410). Le curieux organisme que M. Hensen appelait «Sternhaarstatoblast» a reçu de M. Meunier le nom latin de *Radiosperma corbiferum*; au reste M. Meunier n'a tenté aucune explication nouvelle de ce mystérieux organisme. L'hypothèse de M. Hensen d'après laquelle c'est un stade de repos ou peut-être l'œuf d'un organisme est sans doute la plus raisonnable.

Pendant les années d'exploration le *Radiosperma* n'a été rencontré que rarement et jamais en grand nombre dans le Cattégat, dans la mer près de l'île d'Omø et dans la Baltique près de Rødvig. Dans les recherches de plankton des enquêtes maritimes internationales on a reconnu en lui un organisme planktonique régulier dans toute la Baltique, où il apparaît en toute saison, particulièrement dans les deux grands golfes; en outre on l'a noté dans les mers danoises et deux fois dans la Mer du Nord.

On l'a observé aussi dans le plankton littoral des côtes occidentale et orientale du Grœnland ainsi que dans la Mer de Barents. Tout son mode d'apparition et son expansion géographique le classent dans la catégorie des organismes arctiques qui se retrouvent dans la Baltique.

L'interprétation de l'*Hexasterias problematica* (p. 410) est également incertaine[1]). La plus vraisemblable paraît être celle de M. Lohmann (1904, p. 32—33), qui suppose que c'est l'œuf de tel ou tel animal planktonique.

Au cours des années d'exploration on n'a noté cet organisme qu'une seule fois, dans la Mer du Nord devant Tyborøn, et il paraît, d'une façon générale, être rare dans les eaux danoises. On l'a rencontré fréquemment dans la Baltique et tout à l'intérieur des deux grands golfes; on l'a signalé aussi dans la Mer du Nord et dans la Manche, dans la Mer de Mourmanie et dans les mers d'Islande et du Grœnland. Il semble donc, au point de vue géographique comme à d'autres, rappeler beaucoup le *Radiosperma*, mais il est moins nettement attaché aux côtes (ou peut-être simplement est-il plus durable et plus apte à flotter, de sorte qu'il peut voyager plus loin dans l'océan).

Dans les années d'exploration on a observé souvent les «*Ova hispida*» (p. 411), — surtout l'«*Ovum hispidum hystrix*», — dans le Cattégat, les Belts, la mer des Belts, mais en faible quantité.

La *Pacillina arctica* (p. 411), qui est vraisemblablement l'œuf d'un Gastéropode, a été rencontré, pendant les années d'exploration, une seule fois (14 avril 1901) près de Knudshoved.

L'«*Umrindete Cyste*» (p. 412) de Hensen (œuf d'un métazoaire) a été trouvé dans le plankton de nos eaux en octobre 1910 près d'Anholt Knob (*Bull. planktonique*, où on le désigne à tort comme «Schaumei»).

III. **Parasites des organismes du phytoplankton** (pp. 412—419).

Les organismes du phytoplankton constituent les provisions flottantes de la mer, d'où les organismes du zooplankton tirent, directement ou indirectement, leur subsistance. Ils la tirent directement quand les organismes du zooplankton utilisent ceux du phytoplankton comme nourriture, — ce qui est le cas pour nombre de protozoaires aussi bien que de métazoaires. La chose a lieu indirectement quand les organismes du phytoplankton meurent et que leur contenu plasmatique se dissout. En suspension ou en dissolution, leurs sub-

[1]) M. Meunier (1910, p. 87) s'est cru obligé de troquer la dénomination de Cleve (1899 b), *Hexasterias*, contre celle de *Polyasterias* parce que l'organisme n'a pas toujours 6 bras de flottement.

stances organiques profitent aux organismes qui se nourrissent de «détritus» et à ceux qui se nourrissent saprophytiquement.

Il est incontestable que la décomposition des organismes du phytoplankton se fait principalement avec l'aide des bactéries. On a décrit un grand nombre de bactéries très diverses provenant de l'eau de mer, mais je ne veux pas m'engager ici dans cette question, bien que ce soit la plus importante.

En revanche je pense que, comme appendice aux protozoaires et aux organismes incertains, il y a lieu de donner quelques renseignements sur les parasites qui s'attaquent aux organismes du phytoplankton et contribuent à décimer leurs masses innombrables.

Il est remarquable que les organismes du phytoplankton soient si peu attaqués par les parasites. Je n'ai encore jamais vu de parasites (en dehors des bactéries) se présenter en grande quantité dans un échantillon de plankton, bien que j'aie eu pendant une vingtaine d'années l'occasion d'examiner bon nombre d'échantillons de plankton provenant de régions très diverses. Le fait a été également noté par M. Karsten (1907). Les parasites du phytoplankton paraissent beaucoup plus abondants dans les eaux douces.

Les parasites peu nombreux observés jusqu'ici dans le phytoplankton marin ne sont qu'incomplètement connus; la plupart paraissent devoir être rapportés au groupe des Chytridiacées; mais nous n'avons pas d'études détaillées élucidant le cycle vital des parasites. Je donnerai ci-dessous les quelques rares fragments d'observations que j'ai pu faire et je rassemblerai en même temps les renseignements dispersés qui ont été publiés jusqu'à présent sur la matière.

Olpidium Lauderiæ (p. 413). En 1900 M. Gran (1900 b) a mentionné brièvement un parasite de la diatomée *Lauderia borealis* et l'a rapporté avec hésitation au genre *Olpidium*. On a trouvé ensuite dans le *Ditylium Brightwelliii* un organisme analogue, qui a reçu le nom de *O. Dityli* dans les tableaux de plankton internationaux, sans qu'il existe de description de lui ni de senseignements sur la différence qui le séparait du parasite trouvé dans la *Lauderia*.

Plus tard, dans son grand travil sur le microplankton de la mer de Barents, M. A. Meunier (1910, p. 221) s'est occupé plus en détail de parasites analogues des diatomées planktoniques (cité p. 413), et il les a réunis sous une dénomination nouvelle, *O. phycophagum*, jugeant avec raison qu'il s'agissait d'un seul et même parasite; mais suivant nos règles de nomenclature nous nous en tiendrons à la dénomination plus ancienne de Gran, même si elle n'est pas heureuse.

M. Meunier mentionne et reproduit le parasite chez toute une serie de diatomées planktoniques (voir p. 414). Mais les explications qu'il donne sur son développement sont fort incomplètes.

Au cours des années d'exploration (1898—1901) et plus tard j'ai vu assez souvent ce parasite sur des espèces de *Chætoceras* dans les eaux danoises. Mes dessins (fig. 1, p. 414) donnent son aspect et représentent en fait tout ce que je sais de son développement. Dans le fragment de chaîne de droite on voit un parasite dévéloppé; il forme un corps arrondi, entouré d'une paroi, lequel remplit la cellule de son hôte et en a complètement absorbé le contenu plasmatique. Le plasma du parasite est grumeleux et a une nuance bleuâtre réfractive. Dans la chaîne de gauche on voit en haut deux parasites développés dont chacun a vidé sa cellule d'hôte; les grumeaux noirs étaient rouges-bruns, et il faut y voir des restes des chromatophores de l'hote; l'avant-dernière cellule représente un stade plus jeune, où le parasite ne s'est pas encore complètement entouré d'une paroi et où il n'a encore consommé qu'une petite partie de la cellule d'hôte (la paroi de gauche est trop épaisse dans notre dessin; c'était en fait une simple membrane plutôt qu'une paroi). — Dans mes observations je n'ai pas remarqué d'ouverture de sortie pour les zoospores, que l'on doit supposer formés de ce sporangium en quoi consistent proprement les stades ultérieurs du parasite; mais M. Meunier

a constaté une embouchure de ce genre chez plusieurs parasites des espèces de *Chætoceras*, et je l'ai vue moi-même chez le parasite de *Lauderia*, dans lequel M. Gran l'a déjà dessinée.

Je n'ose pas décider si c'est avec raison que M. M. Gran et Meunier rapportent tous deux ce parasite au genre *Olpidium*. Il rappelle à beaucoup de points de vue l'*Ectrogella Bacillariacearum* Zopf. M. H. E. Petersen (1905) a transféré l'espèce de Gran dans le genre *Eurychasma*, mais sans raison me semble-t-il, attendu que le sporange n'est pas «gonflé» et que ce sporange, comme il ressort en particulier des dessins de M. Meunier, — a une ouverture de sortie nettement en forme de cou. Je préfère provisoirement maintenir notre espèce dans le genre *Olpidium*.

Ce parasite est répandu dans nos eaux depuis Skagen jusqu'au Grand Belt. Je l'ai observé chez *Lauderia borealis* (près de Skagen), chez *Ch. constrictum*, *Ch. diadema*, *Ch. didymum* et *Ch. simile*, dans les mois de février, de mars, de mai et d'août, principalement au printemps; mais il ne s'est jamais présenté d'une façon épidémique.

Peut-être faut-il ramener à la même espèce un parasite que j'ai trouvé chez *Thalassiosira gravida* devant la côte orientale du Grœnland (environ 77° 56′ lat. N., 15° long. O, 23 juillet 1908). Comme le montre notre esquisse (fig. 2, p. 415), nous avons ici un long canal de sortie, et par là ce parasite diffère du type normal.

Endophlyctis Rhizosoleniæ (p. 414). M. G. Karsten (1907, p. 422, pl. LIV) a vu dans un échantillon de plankton provenant de l'Océan Indien plusieurs exemplaires de *Rhizosolenia alata* attaqués par une Chytridiacée qu'il appelle *Endophlyctis Rhizosoleniæ* (description citée p. 415).

Il se peut que le parasite de *Rhizosolenia* soit le même que l'*Olpidium Lauderiæ*, que ce parasite, en d'autres termes, soit très variable dans son aspect, attendu qu'il doit s'adapter à la forme de l'hôte. Cependant je ne crois pas qu'il en soit ainsi et j'ai eu moi-même l'occasion d'étudier un parasite de *Rhiz. Shrubsolei* provenant du récif de Horn (1er août 1907), lequel correspond exactement à l'un des dessins de M. Karsten. On voit (fig. 3, p. 416) dans l'une des cellules un sporangium nouvellement formé, dont la paroi est encore mince, et à ses deux extrémités des restes de plasma; l'autre cellule ne contient pas moins de 3 sporanges, à l'un desquels s'attache un morceau de hyphe (?) vidé, divisé en deux parties. Il se peut qu'il faille voir dans cette pièce des portions de sporangium, ce qui nous fournirait une transition vers la seconde figure de Karsten. En tous cas ce parasite est fort différent de l'*Olpidium*. Mais sa juste place dans le système est très incertaine, et c'est pourquoi j'estime qu'il vaut mieux conserver provisoirement la dénomination de Karsten pour éviter des déplacements inutiles.

Le même parasite que j'ai vu chez *Rh. Shrubsolei*, M. L. Mangin (*Ann. Instit. oceanogr.*, t. IV, fasc. 1, 1912, p. 18, fig. 4) l'a mentionné et reproduit comme se présentant chez *Rh. alata*, mais il en donne cette interprétation vague: «spores à membrane cellulosique».

Le premier stade parasitique de ce champignon doit peut-être se chercher dans notre fig. 4 (p. 416); c'est une *Rh. obtusa* (du fjord de Naalsø près de Thorshavn, îles Færø), que j'ai observée vivante et dans le plasma de laquelle se trouvaient de petits parasites nus, réfractifs; mais on n'a pas observés de stades plus avancés.

Rhizophidium (?) *Huxleyi* (Haeck.) nob. (p. 417). Dans une étude ancienne (*Jena Zeitschr. f. Medicin u. Naturw.*, VI, 1871, p. 29, pl. II, fig. 5—8), Haeckel décrit et reproduit un organisme ectoparasitique (ou épiphytique) vivant sur *Rhizosolenia styliformis*, et observé près de Bergen. Cet organisme, qu'il appelle *Protomonas Huxleyi*, rappelle beaucoup une espèce de Chytridiacée que Zopf décrit comme *Rhizophidium Cyclotellæ* et qui est parasite de la diatomée d'eau douce *Cyclotella*. Ce *Rhizophidium* a un mycelium fin, ramifié, à l'intérieur de son

hôte et un sporangium sphérique à l'extérieur. Il est bien vrai que Haeckel n'a ni mentionné ni reproduit de mycelium endotrophe, mais un mycelium de ce genre est souvent difficile à voir, et l'on peut très bien imaginer qu'il existait, mais a passé inaperçu. Par ailleurs les organismes sont tellement semblables l'un à l'autre qu'il est très vraisemblable de considérer l'organisme de Haeckel comme une espèce du genre *Rhizophidium*, dont on connaît plusieurs espèces marines (cf. H. E. Petersen 1905). Du reste il n'a pas été mentionné par d'autres savants.

Je rappellerai en outre que M. Apstein (*Wissensch. Meeresunters.*, N. F., Abt. Kiel, t. XII, 1910, p. 163 et suiv.) a décrit et reproduit un champignon, le *Synchætophagus baltica*, qui vit dans le *Synchæta monopus* Plate dans la Baltique et arrive à tuer cet animal.

Vampyrella Chætoceratis (Paulsen) nob. (p. 417). Un parasite de place très incertaine parmi les Protistes a été décrit et reproduit par M. O. Paulsen (*Medd. om Grønland*, XLIII, 1911, p. 316, fig. 17) sous le nom d'*Apodinium* (?) *Chætoceratis*. M. Chatton (*Compt. rend. Ac. de Sc. Paris*, t. CXLIV, 1907) a constitué un genre *Apodinium* pour des Peridinées parasitiques, et comme une des espèces présente un certain nombre de ressemblances avec l'espèce mentionnée, M. Paulsen l'a fait rentrer avec hésitation dans ce genre. Mais je ne crois pas que ce soit juste, car la nouvelle forme ne possède pas toute une série de caractères particuliers à l'*Apodinium*, ce que du reste M. Paulsen fait observer lui-même.

C'est chez le *Chætoceras boreale* du plankton de la côte Nord-Est du Grœnland que M. Paulsen a trouvé ce parasite; je l'ai vu plus tard dans un échantillon provenant de nos eaux (Anholt Knob, 1er févr. 1911) et aussi dans le plankton de l'Atlantique subtropical (37° 23′ lat. N., 36° 43′ long. O., mars 1914); dans ce dernier cas, j'ai eu l'occasion de le voir vivant. On l'a trouvé là exclusivement sur les soies d'une espèce de *Chætoceras* du groupe *Borealia*. Ce parasite consiste en un corps arrondi (de la forme ronde à la forme ellipsoïdale), qui s'attache à la partie extérieure d'une soie de Chætoceras; au point d'attache on voit parfois un petit tenon. Le contenu du corps est une masse grumeleuse, bleuâtre, réfractive, dans laquelle se trouve un grumeau central de couleur jaune-brun: ce sont vraisemblablement les restes des chromatophores du Chætoceras. La cellule de Chætoceras sur la soie de laquelle se pose le parasite est en effet vidée (sucée). Une seule fois j'ai observé une masse plasmatique de forme oblongue à l'intérieur de la soie devant un parasite: ce devait être un dernier reste qui n'était pas encore parvenu dans le «sporangium», car c'est ainsi que j'appelle le corps arrondi. Le sporangium peut se présenter divisé en 2 (ou 4) parties, et il est curieux de constater qu'en ce cas le grumeau jaune-brun (masse d'excrétion) ne se trouve que dans une de ces portions; mais il fait parfois complétement défaut dans les stades de segmentation en 2 ou 4. Nous ne connaissons malheureusement pas le développement ultérieur du parasite.

Or ces fragments de son développement présentent une forte ressemblance avec le genre *Vampyrella* telle que nous la connaissons par le travail de M. Zopf; notre parasite ressemble en particulier aux figures qu'il donne de *V. variabilis* Klein, qui vit sur les filaments de l'algue d'eau douce *Oedogonium*, et j'incline a croire que l'organisme en question doit être considéré comme une espèce de *Vampyrella*; il semble qu'il n'ait rien à faire avec les Péridinées, même si l'on donne à ce groupe une compréhension très large.

Jusqu'ici ce parasite n'est connu que par les trois trouvailles mentionnées plus haut; mais on constatera certainement qu'il est plus répandu, comme le laissent pressentir le grand éloignement mutuel des points de trouvaille et les grandes différences de conditions qui s'ensuivent.

L'*Hyalococcus Ceratii* (p. 418) vit en parasite chez des espèces de *Ceratium*; il attaque leur noyau, qu'il absorbe entièrement, cependant qu'il devient de plus en plus grand. Finalement il remplit à peu près tout le corps du Ceratium et apparaît alors comme un noyau fortement hypertrophié.

Son évolution a été décrite par M. N. Keppen (*Mém. de la Soc. des Naturalistes de Kiew*, t. XVI, 1899) dans un article écrit en russe qu'il m'a été impossible d'utiliser à cause de la langue.

D'après M. Apstein (1910, p. 157) les ravages de ce parasite, dans nos mers danoises et dans la Mer du Nord, peuvent frapper jusqu'à 20 % du nombre des individus de *Ceratium*.

Je l'ai noté aussi dans nos eaux pendant les années d'exploration, mais je n'ai malheureusement pas de données précises à fournir sur sa fréquence et sur son mode d'apparition. Cependant il est vraisemblable qu'on le rencontre dans toutes nos eaux; je l'ai spécialement noté dans le Limfjord.

Il doit attaquer toutes nos espèces de *Ceratium*; en tous cas on le connaît chez des formes de *Tripos*, chez *C. fusus* et *C. furca*.

Outre les parasites des organismes du phytoplankton signalés ici, il existe naturellement une série de parasites vivant chez les organismes du zooplankton et en particulier chez les métazoaires. Mais on sait très peu de chose sur leurs conditions de vie, comme il ressort d'une brève notice de M. C. Apstein sur «Parasiten von Calanus finmarchicus» (*Wissensch. Meeresunters.* N. F., Abt. Kiel, t. XIII, 1911). L'auteur a publié dans cet article ses notes dispersées sur des invasions parasitaires chez le *Calanus finmarchicus* et chez d'autres Copépodes, et il mentionne sommairement toute une série de parasites divers. Il y a là visiblement un champ d'étude négligé, où il a beaucoup à faire pour un zoologiste.

IV. **Tableau d'ensemble de la présence des protozoaires planktoniques observées dans les mers danoises**, voir p. 420.

Pour l'explication des abréviations, voir p. 363.

Bibliographie (pp. 421—422), terminée le 1er juillet 1915. Supplément à la bibliographie de mon travail précédent (Ostenfeld 1913 a).

Ajouter l'ouvrage important: H. H. Gran (1915): The Plankton Produktion in the North European Waters in the Spring of 1912. — Bulletin planktonique pour l'année 1912. Copenhague, Juillet 1915.

FORFATTERREGISTER

til den almindelige Del (1913, S. 1—85).

REGISTER OVER DE SYSTEMATISKE NAVNE

i den floristiske (1913) og faunistiske (1916) Del. Synonymer er kun undtagelsesvis medtagne.

(Les chiffres entre parenthèses se rapportent au résumé français).

UNDERSØGELSER

OVER EN KLASSE

FUNDAMENTALE ULIGHEDER

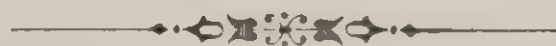
I DE

ANALYTISKE FUNKTIONERS THEORI. I.

AF

J. L. W. V. JENSEN

D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, naturv. og mathematisk Afd., 8. Række II. 3.



KØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1916

Vennen,

den berømte Forsker

og den utrættelige

Befordrer af videnskabeligt mathematisk Arbejde

G. MITTAG-LEFFLER

paa hans

70-aarige Fødselsdag d. 16. Marts 1916

tilegnes denne Afhandling

af Forfatteren.

Undersøgelser over en Klasse fundamentale Uligheder i de analytiske Funktioners Theori.*)

I.

§ 1. Indledning.

I de senere Aar er en Klasse af funktionstheoretiske Opgaver mere og mere traadte i Forgrunden, nemlig Problemer af følgende Natur. Man betragter en iøvrigt vilkaarlig analytisk Funktion $y = y(x)$ af den komplekse Variable x, og Funktionen y antages at være regulær indenfor Cirklen $|x| < R$; med andre Ord vi betragter en vilkaarlig hel Potensrække af x med en Konvergensradius $\geq R$. Nu antager man endvidere om denne Funktion, at $|y| < M$, eller at $\Re(y) < A$ eller lignende**), alt saalænge $|x| < R$, og yderligere at man kender Funktionens Værdi i et bestemt Punkt indenfor Cirklen, sædvanligvis Centrum, ɔ: $y(0)$ er bekendt. Hvad kan der da yderligere i al Almindelighed udsiges om Funktionen, hvad kan der siges om dens absolutte Værdi, om dens reelle eller dens imaginære Del, om dens Nulpunkter eller om Omraader, hvori den ingen Nulpunkter har, om dens Deriverede o. s. v.?

I det følgende skal jeg, inden jeg fremstiller mine egne Undersøgelser, give en lille Oversigt (i det Omfang, hvori Litteraturen herom har været mig bekendt) over de mer eller mindre specielle Resultater af denne Art, som er fundne af Mathematikere, der har leveret væsentlige Bidrag til Løsningen af herhenhørende Problemer. **Jeg anvender herved overalt stærkt ændrede Betegnelser,** som staar i Samklang med de af mig i det Følgende anvendte, for at Sammenligning bedre kan finde Sted.

1°, (1869). Først og fremmest maa vi nævne en Sætning af SCHWARZ[1]), som kan udtales paa følgende Maade. Naar y, foruden at være regulær og absolut mindre end M indenfor Cirklen $|x| = R$, har den Egenskab, at $y(0) = 0$, vil indenfor det givne Omraade

---

*) Væsentlige Dele af denne Afhandling har jeg allerede meddelt i to Foredrag, nemlig eet ved Forelæggelsen af disse mine Undersøgelser for det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab i Mødet den 19. Novbr. 1915, og et andet tidligere i Mathematisk Forening den 16. September 1915 angaaende Regning med sædvanlige komplekse Tal med Anvendelse paa Funktionstheorien.

**) Angaaende Betegnelserne henvises til § 2.

[1]) H. A. SCHWARZ: Zur Theorie der Abbildung. Programm der eidgenössischen polytechnischen Schule in Zürich für das Schuljahr 1869—70; Gesammelte Mathematische Abhandlungen, Bd. II, S. 108—132; (se S. 110—111).

$$|y| \leq \frac{M}{R}|x|.$$

Carathéodory[2]) har vel først fremdraget den store Vigtighed af denne Sætning og bevist den paa en meget simpel og elementær Maade. Benævnelsen „det Schwarz'ske Lemma", som denne Forfatter har indført, vil jeg i det Følgende benytte.

2°, (1892). Til Løsningen af den Opgave, at bestemme Egenskaber af y indenfor den oftnævnte Cirkel, naar der var givet en positiv højere Grænse for Funktionens reelle Del, har Hadamard[3]) givet et Bidrag, som foranledigede Borel[4]) til følgende Løsning af et herhenhørende Problem:

$$|y| < |\Re y(0)| + |\Im y(0)| + \left(4A + 2|\Re y(0)|\right)\frac{|x|}{R - |x|},$$

hvor A betegner en højere (positiv) Grænse for $\Re(y)$, den reelle Del af y, og $\Im(y)$ betegner den „imaginære Del" af y (eller mere korrekt udtrykt: Koefficienten til den rent imaginære Del).

Schottky[5]) forbedrede ved Hjælp af det Cauchy'ske Integral denne Løsning ved følgende Formel

$$|y| \leqq |\Im y(0)| + \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |\Re y(re^{i\theta})|\, d\theta \cdot \frac{r + |x|}{r - |x|},$$

hvor $|x| < r < R$. Overensstemmende med Tankegangen i det i Noten citerede Arbejde faas heraf med samme Betegnelser som før

$$|y| \leqq |\Im y(0)| + \left(2A - \Re y(0)\right)\frac{R + |x|}{R - |x|}.$$

Carathéodory[6]) forbedrede dette til

$$|y| \leqq |\Im y(0)| + 2A\frac{|x|}{R - |x|} + |\Re y(0)|\frac{R + |x|}{R - |x|},$$

hvor der ikke gøres nogen Forudsætning om, at A skal være positiv. Denne Formel har almindeligt faaet Navn af „Carathéodory's Sætning".

---

[2]) C. Carathéodory: Sur quelques généralisations du théorème de M. Picard. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, B. 141, Paris 1905, S. 1213—1215.

E. Landau: Über den Picardschen Satz. Vierteljahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Jahrgang 51, 1906, S. 252—318; (se S. 271).

C. Carathéodory: Untersuchungen über die konformen Abbildungen von festen und veränderlichen Grössen. Mathemathische Annalen, B. 72, 1912, S. 107—144; (se S. 110).

[3]) J. Hadamard: Sur les fonctions entières de la forme $e^{G(x)}$. Comptes Rendus, B. 114, 1892, S. 1053—1055.

[4]) E. Borel: Démonstration élémentaire d'un théorème de M. Picard sur les fonctions entières. Comptes Rendus, B. 122, 1896, S. 1045—1048.

[5]) F. Schottky: Über den Picard'schen Satz und die Borel'schen Ungleichungen. Sitzungsberichte der Kgl. Preussischen Akademie der Wissenschaften, 1904, S. 1244—1262; (se S. 1246—1247).

[6]) E. Landau, l. c. [2]) (se S. 277). Se ogsaa: E. Landau: Beiträge zur analytischen Zahlentheorie. Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo, B. 26, 1908, S. 169—302; (se S. 191—193).

3°, (1899). Angaaende Nulpunkterne af y gav FORF.[7]) et Resultat, som kan gengives saaledes. Naar y er regulær for $|x| < R$, og $|y| < M$, samt $x_1, x_2, \dots x_n$ betegner de Nulpunkter af y, som ligger indenfor eller paa Omkredsen af $|x| = r < R$, vil

$$M > |y(0)| \frac{R^n}{|x_1 x_2 \dots x_n|}.$$

Herved var det evident, at y ikke har Nulpunkter for $|x| < \frac{|y(0)|}{M} R$.

En Forbedring af denne Sætning blev givet af CARATHÉODORY og FÉJER[8]), som, foruden at give et nyt Bevis, paaviste at Lighedstegnet kunde indtræde i ovenstaaende Ulighed, naar y tilhørte en vis Klasse af rationale Funktioner af x. (Iøvrigt maa jeg her anføre, at denne Afhandling i Forening med mine egne Methoder til bekvem Regning med komplekse Tal, har været en væsentlig Anledning til, at den nærværende Afhandling ser Lyset).

Et noget mere omfattende Resultat er fornyligt givet af LANDAU[9]), som viser, at naar η er en Konstant absolut mindre end M, og $x_1, x_2, \dots x_n$ er Nulpunkter af Funktionen $y - \eta$ indenfor $|x| = R$, og η og $\bar{\eta}$ betegner konjugerede Tal, vil

$$\left| \frac{M^2 - \bar{\eta}\, y(0)}{M(y(0) - \eta)} \right| \geqq \frac{R^n}{|x_1 x_2 \dots x_n|},$$

hvoraf kan udledes, at

$$y \neq \eta \quad \text{for} \quad |x| < \left| \frac{M(y(0) - \eta)}{M^2 - \bar{\eta}\, y(0)} \right| R.$$

LANDAU beviser forøvrigt den sidste Sætning direkte.

4°, (1906). Vedrørende $y'(x)$, den Deriverede af y, er et første Resultat vel fundet af LANDAU (l. c. [2]), S. 305—306), som beviser, at naar $|y| < M$ for $|x| < R$, vil

$$|y'(0)| < \frac{M^2 - |y(0)|^2}{RM}.$$

Til dette Resultat slutter sig et tilsvarende af F. W. WIENER[10]), som kan skrives som følger

$$|y^{(n)}(0)| \leqq \underline{|n} \frac{M^2 - |y(0)|^2}{R^n M}.$$

---

[7]) J. L. W. V. JENSEN: Sur un nouvel et important théorème de la théorie des fonctions. Acta Mathematica, B. 22, 1899, S. 359—364; (se S. 362—363).

Anm. Forf. havde iøvrigt 3 Aar tidligere meddelt denne Sætning i et Foredrag i Mathematisk Forening i København. Beviset var her fuldstændig elementært.

[8]) C. CARATHÉODORY et L. FÉJER: Remarques sur le théorème de M. Jensen. Comptes Rendus, B. 145, 1907, S. 163—165.

[9]) E. LANDAU: Über eine Aufgabe aus der Funktionentheorie. The Tôhoku Mathematical Journal, B. 5, 1914, S. 97—116; (se S. 107 og S. 105).

[10]) H. BOHR: A theorem concerning power series. Proceedings of the London Mathematical Society, Ser. 2, B. 13. I, 1913; (se den deri benyttede Hjælpesætning).

5°, (1908). Den mest omfattende Række af Resultater, henhørende til de her behandlede Problemer, er imidlertid givet af LINDELÖF[11]), som ved Hjælp af Theorien for Green's Funktioner og konform Afbildning opstiller et Princip, der — som han udførligt viser — giver Løsninger af en hel Række af Problemer, hvilke som specielle Tilfælde omfatter de under 1°, 2° og 4° nævnte. Hertil føjes saa nye, elegante og vigtige Resultater, saasom en Udvidelse af det Schwarz'ske Lemma:

$$|y| \leqq M \frac{R|y(0)| + M|x|}{RM + |y(0)x|}, \text{ naar } |y| < M \text{ for } |x| < R,$$

en elegant Udvidelse af Landau's omstaaende Formel:

$$|y'(x)| \leqq \frac{R}{M} \frac{M^2 - |y|^2}{R^2 - |x|^2},$$

og lignende, foruden Bestemmelsen af en Del af Cirklen $|x| < R$ i Omgivelsen af det vilkaarligt valgte Punkt x_0, i hvilket $y \neq 0$. Derimod har han ikke berørt de andre Problemer, hørende under 3°, ligesom han som oftest — i Lighed med de andre Forfattere — indskrænker sig til at antage $y(0)$ som den Værdi af Funktionen y, man antager bekendt, og ikke gør den nærliggende Udvidelse til Theoremer, hvor det er $y_0 \equiv y(x_0)$, som antages bekendt for et vist, men iøvrigt vilkaarligt valgt x_0. I det Følgende vil jeg faa Lejlighed til at nævne de Lindelöf'ske Theoremer enkeltvis, idet de optræder som meget specielle Tilfælde af andre mere almindelige Sætninger.

6°, (1914). CARATHÉODORY[12]) har vel først angivet en Formel for Differenskvotienten, nemlig

$$\left|\frac{y - y_0}{x - x_0}\right| \leqq \frac{R|M^2 - \bar{y}_0 y|}{M|R^2 - \bar{x}_0 x|} < \frac{2MR}{R^2 - |x_0 x|}.$$

Til disse Formler er følgende at bemærke. Den første Ulighed giver for $x_0 \to x$ LINDELÖF's ovenstaaende Formel; den anden er blot en grov Tilnærmelse, som imidlertid er fuldt tilstrækkelig til det Formaal, hvortil den benyttes i den citerede Afhandling.

Ved nøjere Betragtning af de ovennævnte Løsninger af en Del specielle Problemer findes der en Mangel paa Sammenhæng i Behandlingen, som det synes mig nyttigt at hæve. I denne Afhandling har jeg derfor dels sammenarbejdet Theorien til et Hele og generaliseret Theoremerne ret betydeligt, saa at mine Resultater omfatter alle de ovennævnte som meget specielle Tilfælde foruden en hel Del nye Sætninger, hvoraf specielle Tilfælde hidtil ikke er bekendte, og dels forsøgt at gøre dette paa den simpleste og mest elementære Maade. Jeg haaber, at det vil fremgaa af det Følgende, at det næppe vil være muligt at reducere Løsningerne af disse Problemer

[11]) E. LINDELÖF: Mémoire sur certaines inégalités dans la théorie des fonctions monogènes et Sur quelques propriétés nouvelles de ces fonctions dans le voisinage d'un point singulier essentiel. Acta Societatis Scientiarum Fennicæ, Tom. XXXV, Nr. 7, S. 1—35.

[12]) C. CARATHÉODORY: Elementarer Beweis für den Fundamentalsatz der konformen Abbildungen. Mathematische Abhandlungen Hermann Amandus Schwarz zu seinem fünfzigjährigen Doktorjubiläum am 6. August 1914 gewidmet, Berlin 1914, S. 19—41; (se S. 23).

til højere Grad af Simpelhed eller basere dem paa et mindre Maal af Forudsætninger, som tilmed alle tilhører den Del af den elementære Funktionslære, som med størst Elegance kan bevises ved Potensrækkernes Theori.

Det er vel næsten overflødigt at nævne, at de berømte PICARD'ske Sætninger, eller snarere de elementære Beviser og Udvidelser heraf, som er givet af BOREL, LANDAU og SCHOTTKY, paa det nøjeste hænger sammen med adskillige af vore Problemer, og da særligt med de under 2° nævnte. Dette fremgaar jo for øvrigt af de under [2, 4, 5]) citerede Titler. Det ligger imidlertid udenfor denne Afhandlings Formaal at gaa ind paa Anvendelser af de opstillede Theoremer; saadanne er forøvrigt ganske nærliggende.

Inden jeg gaar over til de Regler for Regning med sædvanlige komplekse Tal, som danner den største Del af de Hjælpesætninger, hvorpaa jeg støtter mig (og som sikkert kunde finde Plads i en Lærebog i Algebraens Elementer) maa jeg gøre en Bemærkning til de omhandlede Problemer og deres Løsninger. Ved disse udleder man af de Uligheder, som i Forening med visse simple Antagelser danner Forudsætningerne for Løsningen, andre Uligheder, ofte af en helt anden Form. I visse Tilfælde, ofte ved de vigtigste Problemer, kan man ved en algebraisk Omformning af Ulighederne a fortiori vende tilbage til nøjagtig de samme Betingelser, hvorfra man gik ud. Lad os — for i det allersimpleste Tilfælde at gøre dette klart — se paa det Schwarz'ske Lemma. Af Forudsætningerne udleder man som Løsning $|y| \leq M\frac{|x|}{R}$; men heraf følger straks $y(0) = 0$, og af Uligheden følger a fortiori $|y| < M$, altsaa ganske de samme Forudsætninger, vi gik ud fra; tilmed optræder der et Lighedstegn, som ikke kan undværes. Naar disse Forhold optræder ved Løsningen af et Problem, saaledes som det jævnligt vil vise sig i det Følgende, siger vi, at Løsningen er af 1ste Klasse.

En Bemærkning angaaende Uligheder maa forudskikkes. Naar man ved endelige algebraiske Processer af en Ulighed $A_1 \leqq B_1$ kan udlede en anden $A_2 \leqq B_2$ og omvendt, hvorved Ulighedstegn svarer til Ulighedstegn, Lighedstegn til Lighedstegn, saa kaldes disse to Uligheder ækvivalente. Naar man derimod ikke ved Processer af den antydede Art kan vende tilbage fra den anden Ulighed til den første, siges den anden at være udledt a fortiori af den første.

---

§ 2. Formler og Regneregler for de sædvanlige komplekse Tal. Betegnelser, Definitioner og Hjælpesætninger.

I det Følgende er alle Tal, naar ikke andet udtrykkeligt bemærkes, vanlige komplekse Tal. Som sædvanligt betegnes ved u og $\bar{u}$ konjugerede Tal, ved $|u|$ den absolutte Værdi af u, og man har $u \cdot \bar{u} = |u|^2$. Ved $\Re(u) = \frac{1}{2}(u + \bar{u})$ betegnes den reelle Del af u, og ved $\Im(u) = \frac{1}{2i}(u - \bar{u}) = \Re\left(\frac{u}{i}\right)$ Koefficienten til i i den

rent imaginære Del af u (forkortet læst som „den imaginære Del“ af u), eller

$$u = \Re(u) + i\,\Im(u).$$

Endvidere bruger vi undertiden Betegnelsen $sg(u) = \frac{u}{|u|}$ (læs „Signum u“), naar $u \neq 0$, og $sg(0) = 0$.

Med disse Betegnelser følger af $|u+v|^2 = (u+v)(\bar{u}+\bar{v})$ Identiteten

$$|u+v|^2 = |u|^2 + 2\Re(u\bar{v}) + |v|^2, \text{*)}$$

som er af Betydning for det følgende. Af denne Identitet følger en anden

$$|\beta u + \alpha v|^2 - |\bar{\alpha} u + \bar{\beta} v|^2 = (|\beta|^2 - |\alpha|^2)(|u|^2 - |v|^2), \text{**)}$$

blot ved at bemærke, at Leddene med $\Re$ fra de to Kvadrater paa venstre Side er identiske. Af den sidste Identitet vil vi nu udlede alle de algebraiske Hjælpesætninger, vi har Brug for. Forinden maa vi bemærke, at da højre Side af Identiteten kun indeholder de absolutte Værdier af de fire indgaaende Variable, kan vi paa vilkaarlig Maade forandre Argumenterne til α, β, u, v i venstre Side, uden at forandre dennes Værdi.

Hjælpesætning 1. Naar α er et saaledes valgt kompleks Tal, at $|\alpha| < 1$, vil følgende Uligheder, hvori Uligheds- og Lighedstegn læste fra oven nedad svarer til hverandre,

$$|u| \lesseqgtr |v| \quad \text{og} \quad |u + \alpha v| \lesseqgtr |\bar{\alpha} u + v|$$

være ækvivalente.

Er derimod $|\alpha| > 1$, gælder samme Sætning, kun skal den ene af Ulighederne vendes om, ɔ: Tegnene fra oven nedad læses i omvendt Orden.

Er endelig $|\alpha| = 1$, vil stedse $|u + \alpha v| = |\bar{\alpha} u + v|$.

Beviset kan læses ud af vor Identitet ved at sætte $\beta = 1$ og betragte Fortegnene paa begge Sider.

Anm. Denne Hjælpesætning, som vi ogsaa kalder for α-Methoden, kan være meget nyttig til Omformning af Uligheder imellem de absolutte Værdier af komplekse Udtryk. Man kan, hvad vi i det Følgende jævnlig vil gøre Brug at, ofte bestemme

---

*) Til bekvem Regning med komplekse Tal er ogsaa følgende Identiteter nyttige:

$$|u+v|^2 - |u-v|^2 = 4\Re(u\bar{v}) \quad \text{eller} \quad |u|^2 - |v|^2 = \Re\big((u+v)(\bar{u}-\bar{v})\big),$$
$$|u+v|^2 - |u-\bar{v}|^2 = 4\Re(u)\,\Re(v) = |u+\bar{v}|^2 - |u-v|^2,$$
$$|u+v|^2 - |u+\bar{v}|^2 = 4\Im(u)\,\Im(v);$$

men vi har i det Følgende ingen Brug for disse Identiteter.

**) Af andre Identiteter kan nævnes:

$$|\beta u + \alpha v|^2 + |\bar{\alpha} u - \bar{\beta} v|^2 = (|\alpha|^2 + |\beta|^2)(|u|^2 + |v|^2),$$
$$|\beta u + \alpha v|^2 - |\bar{\beta} u - \bar{\alpha} v|^2 = 4\Re(\alpha\bar{\beta})\,\Re(u\bar{v}),$$
$$|\beta u + \alpha v|^2 - |\bar{\beta} u + \bar{\alpha} v|^2 = 4\Im(\alpha\bar{\beta})\,\Im(u\bar{v}).$$

α saaledes, at visse ubekvemme Led elimineres fra den ene Side af en Ulighed, saa at de kun forekommer paa den anden Side.

Hjælpesætning 2. Vor Identitet kan, idet R antages reel og positiv*), skrives saaledes

$$|R^2 - \bar{u}_0 u|^2 - |R(u - u_0)|^2 = (R^2 - |u_0|^2)(R^2 - |u|^2)$$
$$= (R^2 - |u_0 u|^2) - R^2(|u| - |u_0|)^2 = (R^2 + |u_0 u|)^2 - R^2(|u| + |u_0|)^2.$$

Hjælpesætning 3. Af foregaaende Hjælpesætning udledes ved Betragtning af Fortegnene i øverste Linie og efter Divisjon med $|R^2 - \bar{u}_0 u|^2$ følgende tre Tilfælde:

a) For $|u_0| < R$, vil Ulighederne

$$|u| \lesseqgtr R \quad \text{og} \quad \left|\frac{R(u-u_0)}{R^2 - \bar{u}_0 u}\right| \lesseqgtr 1$$

være ækvivalente; dog fordres ved nederste Ulighedstegn $R^2 \neq \bar{u}_0 u$.

b) For $|u_0| > R$, gælder samme Sætning, naar Tegnene i den anden Ulighed vendes om; dog fordres ved øverste Ulighedstegn i første Ulighed $R^2 \neq \bar{u}_0 u$.

c) For $|u_0| = R$, er stedse

$$\left|\frac{R(u-u_0)}{R^2 - \bar{u}_0 u}\right| = 1\,;$$

dog maa for $|u| = R$ fordres $u \neq u_0$ (eller, hvad der her er det samme, $R^2 \neq \bar{u}_0 u$).

Hjælpesætning 4. Naar $R^2 \neq \bar{u}_0 u$, og k er et reelt, ikke negativt Tal, som tilfredsstiller Uligheden $k|u_0| < R$, vil Ulighederne

$$\left|\frac{R(u-u_0)}{R^2 - \bar{u}_0 u}\right| \lesseqgtr k \quad \text{og} \quad \left|u - \frac{R^2(1-k^2)}{R^2 - k^2|u_0|^2} u_0\right| \lesseqgtr kR \left|\frac{R^2 - |u_0|^2}{R^2 - k^2|u_0|^2}\right|$$

være ækvivalente.

Naar $k|u_0| > R$, gælder samme Sætning, kun skal Tegnene i anden Ulighed vendes om.

Bevis. Den første Ulighed er ækvivalent med

$$|R(u-u_0)| \lesseqgtr |k(R^2 - \bar{u}_0 u)|$$

og altsaa ifølge α-Methoden med

$$|R(u-u_0) + \alpha k(R^2 - \bar{u}_0 u)| \lesseqgtr |\bar{\alpha} R(u-u_0) + k(R^2 - \bar{u}_0 u)|$$

for $|\alpha| < 1$, medens Tegnene heri skal vendes om for $|\alpha| > 1$. Ved at vælge $\alpha = k\frac{u_0}{R}$ elimineres u af højre Side, og efter Division med $|R^2 - k^2|u_0|^2| \cdot R^{-1}$, som ifølge Forudsætningerne er $\neq 0$, er Sætningen bevist.

Anm. For $k = 1$ følger heraf Hjælpesætning 3, a og b.

*) Som overalt i det Følgende.

Hjælpesætning 5. Naar $|u_0| < R$, $|u| < R$, vil man have

$$\frac{R\,\big|\,|u|-|u_0|\,\big|}{R^2-|u_0 u|} \leqq \frac{|R(u-u_0)|}{|R^2-\bar{u}_0 u|} \leqq \frac{R(|u|+|u_0|)}{R^2+|u_0 u|}.$$

Lighedstegnene indtræder da og kun da, naar mindst eet af Tallene u_0 og u er 0, eller i Uligheden tilvenstre for $\mathrm{sg}(u) = \mathrm{sg}(u_0)$, i Uligheden tilhøjre for $\mathrm{sg}(u) = -\mathrm{sg}(u_0)$.

Bevis. Ifølge Hjælpesætning 2 er hver Side af Identiteterne

$$|R^2-\bar{u}_0 u|^2 - |R^2(u-u_0)|^2 = (R^2-|u_0 u|)^2 - R^2(|u|-|u_0|)^2$$

og ——————»—————— $= (R^2+|u_0 u|)^2 - R^2(|u|+|u_0|)^2$

positive. Ved Division Led for Led af øverste eller nederste Identitet med respektive Ulighederne

$$|R^2-\bar{u}_0 u|^2 \geqq (R^2-|u_0 u|)^2 \quad \text{og} \quad |R^2-\bar{u}_0 u|^2 \leqq (R^2+|u_0 u|)^2$$

fremgaar Uligheder, som er ækvivalente med hver sin af de to, som skulde bevises. Bemærkningen om Lighedstegnene følger deraf, at de respektive Lighedstegn i de i dette Bevis benyttede Uligheder da og kun da indtræder for respektive $\mathrm{sg}(\bar{u}_0 u) = 1$ eller 0 og $-\mathrm{sg}(\bar{u}_0 u) = 1$ eller 0. —

Efter disse yderst elementære, algebraiske Hjælpesætninger*) gaar vi nu over til at bevise en funktionstheoretisk; men forinden maa vi indføre nogle Definitioner og Betegnelser, hvoraf der stedse gøres Brug i det Følgende.

Ved x og x^* forstaar vi komplekse Variable, som — naar ikke andet udtrykkeligt fastsættes — opfylder Betingelserne $|x| < R$, $|x^*| < R$. Endvidere betegner vi ved x_0 en vis Værdi af x, hvilken vi frit kan vælge med den angivne Begrænsning, altsaa $|x_0| < R$. Ved $x_1, x_2, \ldots$ betegner vi andre Værdier, som vi i et hvert enkelt Tilfælde vil definere.

Til ethvert x_ν for $\nu = 0, 1, 2, \ldots$ lader vi svare et reelt, ikke negativt $\varkappa_\nu$ bestemt ved

$$\varkappa_\nu \equiv \varkappa_\nu(x) = \left|\frac{R(x-x_\nu)}{R^2-\bar{x}_\nu x}\right|.$$

Af Hjælpesætning $3a$ følger umiddelbart, at $\varkappa_0$ stedse er < 1, og at for andre Indices $\varkappa_\nu \lesseqgtr 1$, naar $|x_\nu| \lesseqgtr R$; ved nederste Ulighedhedstegn fordres $R^2 \neq \bar{x}_\nu x$. For Kortheds Skyld betegner vi ved $\varkappa \equiv \varkappa(x)$ et Produkt af $\varkappa$'er med forskellige Indices, f. Eks. $\varkappa = \varkappa_0 \varkappa_1 \ldots \varkappa_n$. Er alle $|x_1|, |x_2|, \ldots |x_n| < R$, vil dette $\varkappa$ tilfredsstille Uligheden $0 \leqq \varkappa < 1$. Naar vi anvender den anden Variabel x^*, betegner vi paa samme Maade $\varkappa_\nu^* \equiv \varkappa_\nu(x^*)$, for $\nu = 0, 1, 2, \ldots$ og $\varkappa^* \equiv \varkappa(x^*)$; (Konstanterne $x_0, x_1, x_2, \ldots$ forandrer vi ikke, medmindre det udtrykkeligt fastsættes).

---

*) Det vil vanskeligt være undgaaet Opmærksomheden, at Hjælpesætningerne Nr. 2—5 er af homogen Form, hvilket medfører, at vi kunde have indskrænket os til at udtale dem for $R = 1$. Imidlertid følger deraf ingen som helst Fordele i det Følgende, og det er med Forsæt, at den homogene Form er valgt.

Et særligt simpelt Tilfælde indtræder, naar $\varkappa$ reduceres til $\varkappa_0$, som specielt for $x_0 = 0$ er lig med $\frac{|x|}{R}$.

Af Hjælpesætning 3a følger et vigtigt Resultat. Er alle $|x_\nu| < 1$, vil for $|x| = R$ de tilsvarende $\varkappa_\nu = 1$, og altsaa vil for $|x| \to R$, $\lim \varkappa = 1$.

Ved $y \equiv y(x)$ betegnes stedse en analytisk Funktion af x, som er regulær for $|x| < R$; for $|x| = R$ gør vi ingen Forudsætninger. Ved y^* forstaas $y(x^*)$. $y(x)$ kan naturligvis betragtes som en hel Potensrække af x, hvis Konvergensradius er $\geqq R$. For Kortheds Skyld sætter vi stedse $y_0 \equiv y(x_0)$; naar $x_0 = 0$, bruger vi dog den fuldstændige Betegnelse $y(0)$ for at undgaa Misforstaaelse.

I denne Afhandling anvender vi — foruden de fremsatte algebraiske Hjælpesætninger — kun enkelte Sætninger fra den elementæreste Del af Funktionslæren, hvilke yderst simpelt, elegant og bedst (ɔ: med det mindste Maal af virkelige Forudsætninger) kan bevises ved de hele Potensrækkers Theori, saasom at en Funktion, der er en Kvotient af to regulære Funktioner, ogsaa er regulær, naar Nævneren ikke kan blive 0, alt for $|x| < R$; at Maksimum af den absolutte Værdi af en for $|x| \leqq r$ regulær Funktion kun kan indtræde for et x paa $|x| = r$, o. s. v.; samt endelig

Hjælpesætning 6, Generalisation af det Schwarz'ske Lemma.

Naar Funktionen y, foruden at opfylde de ovennævnte Forudsætninger, ogsaa opfylder den, at $|y| < M$ for $|x| < R$, hvorved M er reel og positiv*), og y endvidere har Nulpunkter i $x_1, x_2, \ldots, x_n$**) indenfor det betragtede Omraade, da er

$$|y| \leqq M\varkappa, \quad \text{hvor} \quad \varkappa = \varkappa_1 \varkappa_2 \ldots \varkappa_n.$$

Denne Løsning er af 1ste Klasse; thi af Uligheden følger a fortiori $|y| < M$, og for $\varkappa = 0$ (ɔ: $x = x_1, x_2, \ldots$ eller x_n) følger, at $y = 0$ for de angivne Værdier af x.

Bevis. Ifølge Forudsætningerne er Funktionen

$$\frac{y}{(x - x_1)(x - x_2) \ldots (x - x_n)}$$

og derfor ogsaa

$$u = y \frac{(R^2 - \bar{x}_1 x)(R^2 - \bar{x}_2 x) \ldots (R^2 - \bar{x}_n x)}{R(x - x_1) \cdot R(x - x_2) \ldots R(x - x_n)}$$

regulære Funktioner for $|x| < R$, og man har

$$|u| = \frac{|y|}{\varkappa} < \frac{M}{\varkappa}.$$

*) Som overalt i det Følgende.

**) Intet x_ν maa forekomme oftere, end den tilsvarende Multiplicitet af det paagældende Nulpunkt angiver. Denne Fordring tænkes stedse opfyldt i det Følgende, uden at det hver Gang udtrykkeligt behøver at anføres.

Vi kan nu ifølge en ovenfor gjort Bemærkning (S. 13) vælge et $|x| = r < R$, saa nær ved R, at $r > |x_\nu|$, for $\nu = 1, 2, \ldots, n$, og at $\varkappa > \frac{1}{1+\varepsilon}$, hvor ε er en forud valgt positiv Størrelse, og vi har da paa Cirklen $|x| = r$

$$|u| < M(1+\varepsilon).$$

Ifølge en ovenfor anført Sætning af den elementære Funktionslære gælder imidlertid den sidste Ulighed for alle $|x| \leq r$, og da ε var valgt vilkaarlig, har vi for $|x| \leq r < M$ ogsaa $|u| \leq M$, eller $|y| \leq M\varkappa$, hvilket skulde bevises.

Anm. Det er let at se, at Lighedstegnet kan indtræde i et vist Tilfælde (foruden altid, naar $x = x_1, x_2, \ldots$ eller x_n, i hvilket Tilfælde begge Sider $= 0$). Lad os f. Eks. vælge

$$y = \gamma M \prod_{\nu=1}^{n} \frac{R(x - x_\nu)}{R^2 - \bar{x}_\nu x}, \quad *)$$

hvor γ er en Konstant, som tilfredsstiller Betingelsen $|\gamma| = 1$, og $|x_1|, |x_2|, \ldots |x_n| < R$, da er øjensynligt y regulær for $|x| < R$, og man har $|y| = M\varkappa < M$. Da $\varkappa \to 1$, for $|x| \to R$, vil ogsaa $|y| \to M$.

Inden vi gaar over til at anvende de i denne § beviste Hjælpesætninger, vil vi et Øjeblik betragte den sidste, idet vi skriver den mere udførligt:

Naar $y(x)$ er regulær og $|y(x)| \leq M$ for $|x| < R$, samt $x_1, x_2, \ldots, x_n$ er nogle af Funktionens Nulpunkter i det givne Omraade, vil

$$M \geq \left| y(x) \cdot \frac{R^2 - \bar{x}_1 x}{R(x - x_1)} \cdot \frac{R^2 - \bar{x}_2 x}{R(x - x_2)} \cdot \frac{R^2 - \bar{x}_n x}{R(x - x_n)} \right|.$$

Hvis $y(x)$ imidlertid er regulær for et større Omraade, nemlig for $|x| < R' > R$, da kan vi (ifølge Hjælpesætningerne 3 c, 3 b og 3 a) blandt de i højre Side forekommende x_ν a fortiori (de tilsvarende Faktorer $\frac{1}{\varkappa_\nu}$ er ≤ 1, saalænge $|x| < R$) optage et vilkaarligt Antal andre x_ν, som ligger ganske vilkaarligt i det udvidede Omraade udenfor det oprindelige, (og da $|x|$ stadig antages $< R$, er det overflødigt at tilføje den indskrænkende Betingelse $x \neq x_\nu$ for disse nye x_ν). Naturligvis staar det os frit for at lade disse x_ν falde i Nulpunkter af $y(x)$ i det nye Omraade, hvis saadanne findes.

Med denne Udvidelse af Hjælpesætning 6 omfatter den for $x = 0$ min ovenfor under § 1, 3⁰ citerede Sætning, saa vel som Carathéodory og Féjer's Resultater i den [8]) citerede Afhandling.

Hjælpesætning 6 kan ogsaa udvides paa en anden Maade. Det er ingen væsentlig ny Opgave, dersom vi — stadig med de samme Forudsætninger for y — i Stedet

*) Naar $x_1, \ldots x_n$ er alle Nulpunkter af y i $|x| < R$, vil dette være den eneste regulære Funktion af x, som opfylder Betingelsen $|y| = M\varkappa$. Da vi ingen Brug har herfor i det Følgende, skal vi ikke opholde os med at vise dette.

for Nulpunkter af y betragter Nulpunkter af $y - \eta$, hvor η er en vilkaarlig valgt Konstant, som dog tilfredsstiller Betingelsen $|\eta| < M$. Man behøver blot i Stedet for y at betragte Funktionen

$$\frac{M(y - \eta)}{M^2 - \bar{\eta} y}.$$

Denne Funktion er nemlig regulær, fordi Nævneren ifølge Forudsætningerne er absolut > 0, og ifølge Hjælpesætning 3 a er Funktionen absolut < 1. Vi kan altsaa anvende Hjælpesætning 6 derpaa og finder saaledes følgende mere almindelige Form for denne:

Er y en regulær Funktion af x og $|y| < M$, alt for $|x| < R$, samt x_1, $x_2, \ldots x_n$ nogle af Nulpunkterne af Funktionen $y - \eta$, hvor η er en Konstant, hvis absolutte Værdi er $< M$*), vil

$$M\,|y - \eta| \leqq |M^2 - \bar{\eta} y|\,\varkappa,$$

hvor

$$\varkappa = \varkappa_1 \varkappa_2 \ldots \varkappa_n.$$

For $\eta = 0$ har vi atter Hjælpesætning 6. Hvad ovenfor er sagt angaaende Udvidelse af den sidstnævnte Sætning, gælder naturligvis mutatis mutandis for vor sidste Omformning heraf.

Af $\varkappa = 0$, følger $y(x_\nu) = \eta$, for $\nu = 1, 2, \ldots n$, og af Sætningen følger a fortiori $M|y - \eta| < |M^2 - \bar{\eta} y|$, eller (ifølge Hjælpesætning 3 a) $|y| < M$. Theoremet er altsaa af 1ste Klasse.

For $x = 0$ haves det under [9]) (S. 107) citerede Resultat af LANDAU; se ovenfor S. 7.

---

§ 3. Almindelige Sætninger, vedrørende Funktioner ved Begrænsning af deres absolutte Værdi.

Foruden de i § 2 (S. 13) indførte Betegnelser og Definitioner forudsætter vi overalt i denne §, at $|y| < M$ for $|x| < R$, naar ikke andet udtrykkeligt fastsættes.

Theorem 1. Naar x_0 vælges vilkaarligt**) indenfor Omraadet, og x_0, $x_1, \ldots x_n$ i dette betegner nogle af Nulpunkterne af $y - y_0$ (specielt ingen af dem med Undtagelse af x_0), vil ækvivalent følgende tre Uligheder være gældende:

I. $$M\,|y - y_0| \leqq |M^2 - \bar{y}_0 y|\,\varkappa;$$

II. $$|y - y_0|^2 \leqq \frac{(M^2 - |y_0|^2)\,(M^2 - |y|^2)}{M^2}\,\frac{\varkappa^2}{1 - \varkappa^2};$$

*) Hvis $|\eta| \geqq M$, har $y - \eta$ ingen Nulpunkter i det betragtede Omraade.

**) I Anvendelserne er det naturligvis fordelagtigst at vælge x_0 saaledes, at $y_0 \equiv y(x_0)$ har en bekvem Værdi.

III. $$\left| y - y_0 \frac{M^2(1-\varkappa^2)}{M^2 - |y_0|^2 \varkappa^2} \right| \leqq M \frac{M^2 - |y_0|^2}{M^2 - |y_0|^2 \varkappa^2} \varkappa;$$

heri er

$$\varkappa = \varkappa_0 \varkappa_1 \dots \varkappa_n.$$

Theoremet er af 1ste Klasse, ɔ: alle Forudsætningerne følger igen af hver især af Ulighederne I, II eller III, saafremt der gives et x_0, for hvilket $|y_0| < M$.

Bevis. Ifølge Forudsætningerne har Funktionen $y - y_0$ Nulpunkter for $x = x_0$, $x_1, \dots x_n$, og I er saaledes en umiddelbar Følge af Hjælpesætning 6 i den almindeligere Form, vi har givet i Slutningen af § 2. Antages omvendt Ulighed I at være gældende, da er $y = y_0$ for $\varkappa = 0$, og af I følger a fortiori $M|y - y_0| < |M^2 - \bar{y}_0 y|$. Gives der nu et x_0 for hvilket $|y_0| < M$, da er ifølge Hjælpesætning 3 a ogsaa $|y| < M$, og I er saaledes af 1ste Klasse.

Ved Kvadrering af begge Sider af I og med Benyttelse af Identiteten i Hjælpesætning 2 følger ækvivalent

$$M^2|y - y_0|^2 \leqq |M^2 - \bar{y}_0 y|^2 \varkappa^2 = \left(M^2|y - y_0|^2 + (M^2 - |y_0|^2)(M^2 - |y|^2)\right) \varkappa^2,$$

som atter er ækvivalent med II.

Anvender vi Hjælpesætning 4 paa I (med y for u, y_0 for u_0, M for R, $\varkappa$ for k), har vi, idet $|y_0| \varkappa < |y_0| < M$, at III er ækvivalent med I.

Hermed er Theorem 1 fuldstændigt bevist.

Anm. 1. I og II er ogsaa gældende under Forudsætningerne $|y| > M$, $|y_0| > M$, hvad man umiddelbart ser ved at tage $\frac{1}{y}$ for y, $\frac{1}{M}$ for M; eller ogsaa ved Hjælpesætning 3 b.

Anm. 2. Lighedstegnet indtræder i I, II og III altid for de særlige Værdier af $x = x_0, x_1, \dots$ eller x_n. Ifølge Anmærkningen til Hjælpesætning 6 indtræder det for en hver Værdi af x i det givne Omraade, naar

$$y = M \frac{y_0 + \gamma M R^{n+1} \prod_{\nu=0}^{n} \frac{x - x_\nu}{R^2 - \bar{x}_\nu x}}{M + \gamma \bar{y}_0 R^{n+1} \prod_{\nu=0}^{n} \frac{x - x_\nu}{R^2 - \bar{x}_\nu x}},$$

hvor $|y_0| < M$ og $|\gamma| = 1$.

Anm. 3. For $y_0 = 0$ reducerer I, II og III sig til Hjælpesætning 6.

Theorem 2. Under samme Forudsætninger som i Theorem 1 er

(a) $$|y - y_0| \leqq \frac{M^2 - |y_0|^2}{M - |y_0| \varkappa} \varkappa;$$

(b) $$|y - y_0| \leqq (M + |y_0| \varkappa) \varkappa;$$

(c) $$|y - y_0| \leqq \sqrt{M^2 - |y_0|^2} \frac{\varkappa}{\sqrt{1 - \varkappa^2}}.$$

Bevis. (a) følger af Theorem 1, I ved at erstatte $M^2 - \bar{y}_0 y = M^2 - |y_0|^2 - \bar{y}_0(y - y_0)$ a fortiori med $M^2 - |y_0|^2 + |y_0|\,|y - y_0|$. (b) følger a fortiori af (a), (c) a fortiori af Theorem 1, II.

Anm. 1. Naar der existerer et x_0, for hvilket $y_0 = 0$, er (a) eller (b) øjensynlig af 1ste Klasse.

Anm. 2. For $\varkappa = \varkappa_0 = \dfrac{R|x - x_0|}{|R^2 - \bar{x}_0 x|}$ har vi let ved af (a), (b) eller (c) at finde højere Grænser for den absolutte Værdi af Differenskvotienten $\dfrac{y - y_0}{x - x_0}$. Den første af disse fører for $x \to x_0$ til Lindelöf's Formel (efter Ombytning af x_0 med x)

$$\left|\frac{dy}{dx}\right| \leq \frac{R}{M}\,\frac{(M^2 - |y|^2)}{(R^2 - |x|^2)}.\,^{*)}$$

Vi skal i det Følgende komme tilbage hertil under almindeligere (og bedre) Former.

Theorem 3. Under samme Forudsætninger som i Theorem 1 og, idet η er en Konstant, er

$$\left|\eta - y_0 \frac{M^2(1 - \varkappa^2)}{M^2 - |y_0|^2 \varkappa^2}\right| - M \frac{M^2 - |y_0|^2}{M^2 - |y_0|^2 \varkappa^2}\varkappa \leq |y - \eta| \leq \left|\eta - y_0 \frac{M^2(1 - \varkappa^2)}{M^2 - |y_0|^2 \varkappa^2}\right| + M \frac{M^2 - |y_0|^2}{M^2 - |y_0|^2 \varkappa^2}\varkappa.$$

Beviset for de to Uligheder følger ved i Theorem 1, III a fortiori at erstatte venstre Side med respektive

$$\left|\eta - y_0 \frac{M^2(1 - \varkappa^2)}{M^2 - |y_0|^2 \varkappa^2}\right| - |y - \eta| \quad \text{eller} \quad |y - \eta| - \left|\eta - y_0 \frac{M^2(1 - \varkappa^2)}{M^2 - |y_0|^2 \varkappa^2}\right|.$$

Anm. 1. For $\varkappa = 0$ reducerer de to Uligheder sig til Identiteterne $|y(x_\nu) - \eta| = |y_0 - \eta|$.

Anm. 2. For $\eta = y_0$ reducerer højre Ulighed sig til Theorem 2, (a).

Korollar 1. Naar $\eta = 0$, antager Theorem 3 følgende Form (efter simpel Sammendragning paa højre og venstre Side)

$$M \frac{|y_0| - M\varkappa}{M - |y_0|\varkappa} \leq |y| \leq M \frac{|y_0| + M\varkappa}{M + |y_0|\varkappa}.$$

(Inden vi gaar videre, vil vi bevise dette Korollar paa en anden Maade ved Hjælpesætning 5, venstre Ulighed. Ifølge Forudsætningerne er

$$\left|\frac{M(y - y_0)}{M^2 - \bar{y}_0 y}\right| \leq \varkappa,$$

eller a fortiori

$$\frac{M(|y_0| - |y|)}{M^2 - |y_0 y|} \leq \varkappa \quad \text{og} \quad \frac{M(|y| - |y_0|)}{M^2 - |y_0 y|} \leq \varkappa,$$

hvoraf de to Uligheder, som skulde bevises, følger ækvivalent ved Opløsning med Hensyn til $|y|$).

*) Se ovenfor S. 8.

Iøvrigt bemærkes følgende. Naar der eksisterer et x_0, saa at $y_0 = 0$, reducerer Uligheden paa højre Side sig (for denne Værdi af x_0) til Hjælpesætning 6, det generaliserede Schwarz'ske Lemma, og da er den af 1ste Klasse. Forøvrigt er altid

$$M\frac{|y_0| + M\varkappa}{M + |y_0|\varkappa} = M\left(1 - \frac{(M - |y_0|)\,(1-\varkappa)}{M + |y_0|\varkappa}\right) < M, \text{ for } |y_0| < M.$$

Af specielle Tilfælde maa vi mærke $\varkappa = \varkappa_0$*), eller

$$M\frac{|y_0|\,|R^2 - \bar{x}_0 x| - MR|x - x_0|}{M|R^2 - \bar{x}_0 x| - R|y_0(x - x_0)|} \leqq |y| \leqq M\frac{|y_0|\,|R^2 - \bar{x}_0 x| + MR|x - x_0|}{M|R^2 - \bar{x}_0 x| + R|y_0(x - x_0)|},$$

som for $x_0 = 0$ (og $y_0 = y(0)$) reducerer sig til to Formler af Lindelöf (l. c. [11]), Formel (4), S. 12**), og Formel (1), S. 11, smlgn. ovenfor S. 8).

Af Korollar 1 følger

Korollar 2.

$$M^2\frac{M^2 - |y_0|^2}{M^2 - |y_0|^2\varkappa^2}(1-\varkappa)^2 \leqq M^2 - |y|^2 \leqq M^2\frac{M^2 - |y_0|^2}{M^2 - |y_0|^2\varkappa^2}(1+\varkappa)^2.$$

Bevis. Korollar 1 kan skrives

$$M\frac{M + |y_0|}{M - |y_0|\varkappa}(1-\varkappa) \leqq M + |y| \leqq M\frac{M + |y_0|}{M + |y_0|\varkappa}(1+\varkappa)$$

og

$$M\frac{M - |y_0|}{M + |y_0|\varkappa}(1-\varkappa) \leqq M - |y| \leqq M\frac{M - |y_0|}{M - |y_0|\varkappa}(1-\varkappa),$$

hvoraf Korollar 2 følger ved Multiplikation Led for Led.

Vi vil i det Følgende faa Lejlighed til at anvende højre Ulighed i dette Korollar; men vi maa udtrykkeligt bemærke, at denne ikke er fordelagtig at anvende, med mindre $\varkappa$ har en saadan Værdi, at 3dje Led er $< M^2$; Uligheden er ellers trivial, og det er da bedre simpelthen at tage M^2. Da vi for 3dje Led a fortiori kan sætte

$$M^2\frac{M^2 - |y_0|^2}{M^2(1-\varkappa^2)}(1+\varkappa)^2 = (M^2 - |y_0|^2)\frac{1+\varkappa}{1-\varkappa},$$

viser dette, at Formlen er fordelagtig, naar $\varkappa < \frac{|y_0|^2}{2M^2 - |y_0|^2}$, eller i hvert Fald for $\varkappa < \frac{1}{2}\frac{|y_0|^2}{M^2}$.

Korollar 3. Naar $0 < M' < |y| < M$, er

$$M'\frac{|y_0| + M'\varkappa}{M' + |y_0|\varkappa} \leqq |y| \leqq M\frac{|y_0| + M\varkappa}{M + |y_0|\varkappa}.$$

Bevis. Kun Uligheden tilvenstre behøver et Bevis, og dette følger umiddelbart af den allerede i Korollar 1 beviste Ulighed til højre, naar man anvender denne paa Funktionen $\frac{1}{y}$ og erstatter y_0 og M med $\frac{1}{y_0}$ og $\frac{1}{M'}$.

---

*) Hvor vi altsaa ingen Forudsætninger gør om Eksistensen af Rødderne $x_1, x_2, \ldots$

**) Dog uden en overflødig indskrænkende Betingelse.

Theorem 4. Under de samme Forudsætninger som i Theorem 1, og idet $\eta(\neq y_0)$ er en Konstant, hvis absolutte Værdi $< M$*), vil

$$y \neq \eta \quad \text{for} \quad \varkappa = \varkappa_0 \varkappa_1 \ldots \varkappa_n < \left| \frac{M(y_0 - \eta)}{M^2 - \bar{\eta} y_0} \right| .$$

Bevis. $y \neq \eta$, naar 1ste Led i Uligheden i Theorem 3 er positiv, eller naar

$$\left| \eta - y_0 \frac{M^2(1-\varkappa^2)}{M^2 - |y_0|^2 \varkappa^2} \right| > M \frac{M^2 - |y_0|^2}{M^2 - |y_0|^2 \varkappa^2} \varkappa .$$

Ifølge Hjælpesætning 4 (med $\varkappa$ for k, M for R, η for u, y_0 for u_0, og idet som Følge af Forudsætningerne $M^2 \neq \bar{y}_0 \eta$, $\varkappa |y_0| < M$) vil denne Ulighed være ækvivalent med

$$\left| \frac{M(\eta - y_0)}{M^2 - \bar{y}_0 \eta} \right| = \left| \frac{M(\eta - y_0)}{M^2 - \bar{\eta} y_0} \right| > \varkappa ,$$

hvilket skulde bevises.

Et andet Bevis følger ved at anvende venstre Side af Korollar 1, Theorem 3, paa Funktionen

$$\frac{M(y - \eta)}{M^2 - \bar{\eta} y} ,$$

der — som vi har set — er absolut < 1 og endvidere for $x = x_\nu$, $\nu = 0, 1, 2, \ldots n$ antager Værdien

$$\frac{M(y_0 - \eta)}{M^2 - \bar{\eta} y_0} ,$$

hvorfor

$$\left| \frac{M(y - \eta)}{M^2 - \bar{\eta} y} \right| \geq \frac{\left| \frac{M(y_0 - \eta)}{M^2 - \bar{\eta} y_0} \right| - \varkappa}{1 - \left| \frac{M(y_0 - \eta)}{M^2 - \bar{\eta} y_0} \right| \varkappa} .$$

Anm. Det er umiddelbart indlysende, at jo flere Faktorer man kan medtage i $\varkappa$ i venstre Side af Uligheden i Theorem 4, des større Omraade bestemmes derved for x. Sætningen er altsaa af størst Betydning, naar vi kender saa mange som muligt af Nulpunkterne i $y - y_0$; men vi kan i alle Tilfælde tage $\varkappa = \varkappa_0$, og har da

Korollar 1.

$$y \neq \eta, \quad \text{naar} \quad \varkappa_0 = \left| \frac{R(x - x_0)}{R^2 - \bar{x}_0 x} \right| < \left| \frac{M(y_0 - \eta)}{M^2 - \bar{\eta} y_0} \right| .$$

Som specielt Tilfælde mærkes $x_0 = 0$ $\big($og $y_0 = y(0)\big)$, hvilket giver os det ovenfor S. 7 anførte Resultat af LANDAU (l. c. [9]), S. 105).

Som et andet specielt Tilfælde mærkes $\eta = 0$, som giver

$$y \neq 0, \quad \text{naar} \quad \left| \frac{R(x - x_0)}{R^2 - \bar{x}_0 x} \right| < \frac{|y_0|}{M} .$$

*) For $|\eta| \geq M$ vil $y \neq \eta$ i hele Omraadet $|x| < R$.

Heraf følger a fortiori, idet $|R^2 - \bar{x}_0 x| = |R^2 - |x_0|^2 - \bar{x}_0(x - x_0)|$ erstattes med $R^2 - |x_0|^2 - |x_0|\,|x - x_0|$, Lindelöf's Resultat (l. c. [11]) (5), S. 12):

$$y \neq 0, \text{ naar } |x - x_0| < \frac{RM + |x_0 y_0|}{R^2 - |x_0|^2}\,|y_0|.$$

Korollar 2. Det foregaaende Korollar kan ækvivalent omformes til følgende:

$$y \neq \eta, \text{ naar } \left| x - x_0 \frac{R^2(|M^2 - \bar{\eta} y_0|^2 - M^2|y_0 - \eta|^2)}{R^2|M^2 - \bar{\eta} y_0|^2 - M^2|x_0(y_0 - \eta)|^2} \right| < \frac{RM(R^2 - |x_0|^2)|M^2 - \bar{\eta} y_0|\,|y_0 - \eta|}{R^2|M^2 - \bar{\eta} y_0|^2 - M^2|x_2(y_0 - \eta)|^2},$$

og specielt

$$y \neq 0, \text{ naar } \left| x - x_0 \frac{R^2(M^2 - |y_0|^2)}{R^2 M^2 - |x_0 y_0|^2} \right| < \frac{RM(R^2 - |x_0|^2)\,|y_0|}{R^2 M^2 - |x_0 y_0|^2}.$$

Det sidste Omraade er til alle Sider større end det af Lindelöf angivne, som vi nys har anført.

Beviset følger ved at anvende Hjælpesætning 4 til Omformning af Korollar 1 (med $\left|\frac{M(y_0 - \eta)}{M^2 - \bar{\eta} y_0}\right|$ for k, x for u, x_0 for u_0, idet $|x_0| \left|\frac{M(y_0 - \eta)}{M^2 - \bar{\eta} y_0}\right| < |x_0| < R$).

Anvender vi Identiteten i Hjælpesætning 2, har vi ogsaa

$$y \neq \eta, \text{ naar } \left| x - x_0 \frac{R^2(M^2 - |\eta|^2)(M^2 - |y_0|^2)}{R^2(M^2 - |\eta|^2)(M^2 - |y_0|^2) + M^2|y_0 - \eta|^2(R^2 - |x_0|^2)} \right|$$
$$< \frac{RM(R^2 - |x_0|^2)|M^2 - \bar{\eta} y_0|\,|y_0 - \eta|}{R^2(M^2 - |\eta|^2)(M^2 - |y_0|^2) + M^2|y_0 - \eta|^2(R^2 - |x_0|^2)}.$$

Theorem 5 angaaende Differentialkvotienten af y.

Under samme Forudsætninger som i Theorem 1 er

$$\left|\frac{dy}{dx}\right| \leq \frac{R(M^2 - |y|^2)}{M(R^2 - |x|^2)} \leq \frac{RM}{R^2 - |x|^2}\,\frac{M^2 - |y_0|^2}{M^2 - |y_0|^2 \varkappa^2}(1 + \varkappa)^2. \text{*)}$$

Bevis. Som vi allerede før har bemærket, er den første Ulighed, Lindelöf's Formel, en umiddelbar Følge af Theorem 1, I eller II, naar man tager $\varkappa = \varkappa_0$ og lader $x_0 \to x$. Den anden Ulighed er en Følge af Theorem 3, Korollar 2, Uligheden tilhøjre.

Anm. 1. Den Ulighed, som dannes a fortiori ved Udeladelse af mellemste Led, kan i en vis Forstand kaldes mere omfattende end Lindelöf's Formel, da denne fremgaar af den førstnævnte for $x_0 = x$. Endvidere indeholder 3dje Led ikke y men y_0, som maa anses for bekendt. Iøvrigt maa bemærkes, at Lighedstegnet i

---

*) I Stedet for den første Ulighed kan man a fortiori sætte

$$\left|\frac{dy}{dx}\right| \leq \frac{RM}{R^2 - |x|^2}.$$

Ved man, at $|y|$ ogsaa er $> M' > 0$ i det betragtede Omraade, har man den nøjagtigere Formel

$$\left|\frac{dy}{dx}\right| < \frac{R(M^2 - M'^2)}{M(R^2 - |x|^2)}.$$

Lindeløf's Formel ikke kan undværes, da det — hvilket vi overlader til Læseren at verificere — indtræder for $y = \gamma \frac{M}{R} x$, $\gamma = 1$.*) Lighedstegnet tilhøjre kan heller ikke undværes, da det indtræder for $x = 0$, altsaa f. Eks. for $x_0 = x$.

Anm. 2. Vi har forhen bemærket (se ovenfor S. 8), at Lindelöf's Formel for $x = 0$ indeholder en tidligere Formel af LANDAU, der, idet y skrives som en hel Potensrække af x:

$$y(x) = c_0 + c_1 x + c_2 x + \dots,$$

hvis Konvergensradius er $\geqq R$, kan skrives saaledes:

$$RM|c_1| \leqq M^2 - |c_0|^2. \text{**)}$$

Det er let at give dette Resultat en mere almindelig Form. Lad p og q være hele Tal, $q > p \geqq 0$ og θ en primitiv q^{te} Rod af Enheden, da er

$$\frac{1}{q} \sum_{\nu=1}^{q} \theta^{-p\nu} y(x\theta^{\nu}) = x^p (c_p + c_{p+q} x^q + c_{p+2q} x^{2q} + \dots),$$

hvor venstre Side er absolut $< M$, og Rækken i Parenthesen paa højre Side, betragtet som hel Potensrække af x^q, i det mindste konvergerer for $|x^q| < R^q$. Betragter vi alle Værdier af x for $|x| = r < R$, vil for disse Værdier Rækken i Parenthesen være absolut $< \frac{M}{r^p}$, hvilket vil gælde for alle $|x| < r$. Da nu r kan tages saa nær ved R, som vi ønsker, vil saaledes den absolutte Værdi af Rækken være $\leqq \frac{M}{R^p}$. Ifølge Landau's Sætning er derfor

$$R^q \frac{M}{R^p} |c_{p+q}| \leqq \frac{M^2}{R^{2p}} - |c_p|^2,$$

eller

$$R^{p+q} M |c_{p+q}| \leqq M^2 - R^{2p} |c_p|^2,$$

som er den Relation, vi vilde bevise***).

---

*) Og mere almindeligt for $y = M \frac{y_0 (R^2 - \bar{x}_0 x) + \gamma MR(x - x_0)}{M(R^2 - \bar{x}_0 x) + \gamma \bar{y}_0 R(x - x_0)}$, hvor Konstanterne x_0 og y_0 opfylder Betingelserne $|x_0| < R$, $|y_0| < M$.

**) At LANDAU (l. c. [2]) kun beviser denne Formel for $R = 1$, $M = 1$, er naturligvis ingen Indskrænkning. Iøvrigt kan man endogsaa af Landau's Formel ved en lineær Substitution atter udlede den almindeligere Lindeløf'ske. Sætter man nemlig

$$y(x) = f\left(\frac{R^2 (x + x_0)}{R^2 + \bar{x}_0 x}\right),$$

saa er (ifølge Hjælpesætning 3 a) $|f(x)| < M$ for $|x| < R$, medens $f(x)$ ses at være regulær i dette Omraade. Formlen

$$RM|y'(0)| \leqq M^2 - |y(0)|^2$$

bliver til

$$\frac{M}{R} |f'(x_0)| (R^2 - |x_0|^2) \leqq M^2 - |f(x_0)|^2,$$

som ved Ombytning af $f(x)$ med $y(x)$ og x_0 med x giver Lindeløf's Formel.

***) Det er let at generalisere dette Resultat betydeligt. Imidlertid vilde dette ganske falde udenfor denne Afhandlings Rammer, og jeg maa derfor forbeholde mig ved en anden Lejlighed at komme tilbage hertil.

For $p = 0$ fremgaar som specielt Tilfælde WIENER's ovenanførte (se S. 7) Udvidelse af Landau's Sætning.

Theorem 6 angaaende Differenskvotienten af y.

Under de samme Forudsætninger som i Theorem 1 er for $x \neq x^*$

$$\left|\frac{y - y^*}{x - x^*}\right|^2 \leq \frac{R^2(M^2 - |y|^2)(M^2 - |y^*|^2)}{M^2(R^2 - |x|^2)(R^2 - |x^*|^2)}\,, \text{ *)}$$

idet x^* er en ny uafhængig variabel, og $y^* \equiv y(x^*)$.

Naar omvendt denne Ulighed er opfyldt, og der eksisterer en vis Værdi af x, for hvilken $|y| < M$, vil $|y| < M$ for alle x.

Bevis. Naar vi i Theorem 1, II tager $\varkappa = \varkappa_0 = \frac{R^2|x - x_0|}{|R^2 - \bar{x}_0 x|}$ og erstatter x_0 med x^*, har vi

$$\left|\frac{y - y^*}{x - x^*}\right|^2 \leq \frac{R^2(M^2 - |y|^2)(M^2 - |y^*|^2)}{M^2(|R^2 - \bar{x}^* x|^2 - R^2|x - x^*|^2)}\,,$$

hvilket ifølge Identiteten i Hjælpesætning 2 netop er den Ulighed, vi skulde bevise. Eksisterer der en vis Værdi af x^*, for hvilken $|y^*| < M$, har vi omvendt ifølge Theorem 1, at Uligheden i Theorem 6 er ækvivalent med

$$\left|\frac{M(y - y^*)}{M^2 - \bar{y}^* y}\right| \leq \left|\frac{R(x - x^*)}{R^2 - \bar{x}^* x}\right|,$$

hvoraf a fortiori

$$\left|\frac{M(y - y^*)}{M^2 - \bar{y}^* y}\right| < 1\,,$$

hvilken Ulighed er ækvivalent med $|y| < M$ ifølge Hjælpesætning 3 a.

Hermed er Theorem 6 fuldstændigt bevist.

Anm. 1. Ifølge Anm. 1 til Theorem 1 ser man let, at dersom der findes en vis Værdi af x^*, for hvilken $|y^*| > M$, vil Gyldigheden af Uligheden i Theorem 6 ogsaa medføre, at $|y| > M$ for alle Værdier af x i det betragtede Omraade.

Anm. 2. Naar vi ønsker, at der i højre Side af Uligheden i Theorem 6 ikke skal forekomme y eller y^*, kan vi ligesom ovenfor ved Hjælp af Korollar 2 til Teorem 3 eliminere den ene, den anden eller begge disse Funktioner, saa at der i Stedet herfor kun indgaar et y_0, som vi hellere ønsker. Vi erstatter altsaa a fortiori

$$M^2 - |y|^2 \quad \text{med} \quad M^2\frac{M^2 - |y_0|^2}{M^2 - |y_0|^2\varkappa^2}(1 + \varkappa)^2$$

og

$$M^2 - |y^*|^2 \quad \text{med} \quad M^2\frac{M^2 - |y_0|^2}{M^2 - |y_0|^2\varkappa^{*2}}(1 + \varkappa^*)^2, \text{ hvor } \varkappa^* \equiv \varkappa(x^*).$$

*) Heraf følger a fortiori den simple Formel

$$\left|\frac{y - y^*}{x - x^*}\right| \leq \frac{RM}{\sqrt{(R^2 - |x|^2)(R^2 - |x^*|^2)}}.$$

Hvis man ved, at $|y|$ ogsaa er $> M' > 0$ i det betragtede Omraade, vil man have den nøjagtigere Formel

$$\left|\frac{y - y^*}{x - x^*}\right| < \frac{R(M^2 - M'^2)}{M\sqrt{(R^2 - |x|^2)(R^2 - |x^*|^2)}}.$$

Dette kan naturligvis varieres paa mange Maader, f. Eks. saaledes, at man for x sætter x_0, og for x^* sætter x_0^* med samtidig Forandring af x_0 til x_0^*, og altsaa i nederste Udtryk $y(x_0^*)$ for y_0. Den herved fremkomne Formel er — uden Forudsætninger om $x_1, x_2, \ldots$ — meget omfattende. For $x_0 = x$ og $x_0^* = x^*$ genfindes naturligvis Theorem 6.

Det anførte vil sikkert være tilstrækkeligt til at vise, hvorledes man i andre Tilfælde ved Begrænsning af $|y|$ opad eller nedad kan gaa frem.

En almindelig Bemærkning vil maaske endnu være paa sin Plads. Lad os antage, at vi under Betingelserne for Theorem 1, (nemlig $|y| < M$ for $|x| < R$, $|x_0| < R$ og $x_1, x_2, \ldots, x_n$ nogle af Nulpunkterne af $y - y_0$ indenfor det givne Omraade for x), har fundet et (ikke analytisk) Udtryk i $y, y_0, M, x, x_0, x_1, \ldots, x_n, R$, som tilfredsstiller Betingelsen

$$\text{(I)} \qquad U\left(\frac{y}{M}, \frac{y_0}{M}\right) \geq 0.$$

Da $|y| < M$, for η konstant og $|\eta| < M$, er ækvivalent med $\left|\dfrac{M(y-\eta)}{M^2-\bar{\eta}y}\right| < 1$, og $\dfrac{M(y-\eta)}{M^2-\bar{\eta}y}$ for $x = x_0, x_1, \ldots x_n$ antager Værdien $\dfrac{M(y_0-\eta)}{M^2-\bar{\eta}y_0}$, vil den almindeligere Formel

$$\text{(II)} \qquad U\left(\frac{M(y-\eta)}{M^2-\bar{\eta}y}, \frac{M(y_0-\eta)}{M^2-\bar{\eta}y_0}\right) \geq 0$$

være udledt af (I), som atter fremgaar af (II) ved at sætte $\eta = 0$. Sætter man derimod $\eta = y_0$, finder man den simplificerede Form

$$U\left(\frac{M(y-y_0)}{M^2-\bar{y}_0 y}, 0\right) \geq 0.$$

Dette kan varieres paa mange Maader. Vi kan, som vi jo allerede har set Eksempler paa, for η tage en Funktion af en anden uafhængig Variabel x^*, nemlig $\eta = y(x^*)$, navnlig naar vi ser bort fra $x_1, x_2, \ldots, x_n$.

Skønt de i næste § følgende Theoremer om $\Re(y)$ og dennes Begrænsning i Virkeligheden er mer eller mindre direkte Korollarer til, hvad der er udviklet i nærværende §, naar man benytter sig af de i Begyndelsen af § 2 givne Formler for Sammenhængen imellem „absolut Værdi“, „reel Del“ o. s. v., saa er Detaillerne herved dog af saa stor Interesse, at vi udførligt maa gaa ind paa de herhenhørende Theoremer.

---

§ 4. Almindelige Sætninger, vedrørende Funktioner ved Begrænsning af deres reelle Del.

Foruden de i § 2 indførte Betegnelser og Definitioner forudsætter vi overalt i denne §, naar ikke andet udtrykkelig fastsættes, at $\Re(y) < A$ for $|x| < R$, hvor A betegner et reelt Tal.

Theorem 1. Naar x_0 vælges vilkaarligt i Omraadet $|x| < R$, og i dette $x_0, x_1, \ldots x_n$ betegner nogle af Nulpunkterne af Funktionen $y - y_0$ (specielt ingen af dem med Undtagelse af x_0), vil ækvivalent følgende tre Uligheder være gældende:

I. $$|y - y_0| \leqq |y - y_0 - 2(A - \Re y_0)|\, \varkappa;$$

II. $$|y - y_0|^2 \leqq 4(A - \Re y_0)(A - \Re y) \frac{\varkappa^2}{1 - \varkappa^2};\text{*)}$$

III. $$\left| y - y_0 + 2(A - \Re y_0) \frac{\varkappa^2}{1 - \varkappa^2} \right| \leqq 2(A - \Re y_0) \frac{\varkappa}{1 - \varkappa^2};$$

heri er $\varkappa = \varkappa_0 \varkappa_1 \ldots \varkappa_n$.

Theoremet er af 1ste Klasse, ɔ: alle Forudsætningerne kan igen udledes af hver især af Ulighederne I, II eller III, saafremt der gives et x_0, for hvilket $\Re(y_0) < A$.

Bevis. Vi sætter for Kortheds Skyld (ligesom i de øvrige Beviser i det Følgende)

$$a = A - \Re(y), \quad a_0 = A - \Re(y_0).$$

Da er $a > 0$, $a_0 > 0$, og $\Re(y - y_0) = a_0 - a < a_0$, hvoraf ækvivalent hermed

$$4a_0 \Re(y - y_0) < 4a_0^2, \quad |y - y_0|^2 < |y - y_0|^2 - 4a_0 \Re(y - y_0) + 4a_0^2 = |y - y_0 - 2a_0|^2,$$

ifølge den første Identitet i § 2 (se S. 10).

Altsaa er, idet $\Re(y - y_0 - 2a_0) < -a_0 < 0$,

$$\frac{y - y_0}{y - y_0 - 2a_0}$$

en regulær Funktion af x i det givne Omraade; endvidere er den absolut < 1 og har Nulpunkterne x_0, og $x_1, x_2, \ldots x_n$, hvis disse sidste findes. Ifølge Hjælpesætning 6 er altsaa

$$\left| \frac{y - y_0}{y - y_0 - 2a_0} \right| \leqq \varkappa, \quad \varkappa = \varkappa_0 \varkappa_1 \ldots \varkappa_n,$$

ækvivalent med I. Antages omvendt, at Ulighed I er gældende, og der gives et x_0, for hvilket $\Re(y_0) < A$, haves $y = y_0$ for $\varkappa = 0$, og a fortiori er $|y - y_0| < |y - y_0 - 2a_0|$, hvilket, efter hvad vi nys har set, er ækvivalent med $\Re(y - y_0) < a_0$ eller $\Re(y) < A$; I er saaledes af 1ste Klasse.

---

*) Eller $$\varkappa^2 \geqq \frac{|y - y_0|^2}{|y - y_0|^2 + 4(A - \Re y_0)(A - \Re y)}.$$

Af I følger ækvivalent ved Kvadrering

$$|y-y_0|^2 \leqq (|y-y_0|^2 - 4a_0\Re(y-y_0) + 4a_0^2)\varkappa^2 = |y-y_0|^2\varkappa^2 + 4a_0 a\varkappa^2,$$

hvilket er ækvivalent med II.

III kan ogsaa bevises ved Kvadrering; men vi foretrækker α-Methoden. For $|\alpha| < 1$ er I ækvivalent med

$$|y-y_0+\alpha(y-y_0-2a_0)\varkappa| \leqq |\bar{\alpha}(y-y_0)+(y-y_0-2a_0)\varkappa|,$$

der for $\alpha = \bar{\alpha} = -\varkappa$, (som opfylder Betingelsen), er ækvivalent med

$$|(y-y_0)(1-\varkappa^2)+2a_0\varkappa^2| \leqq 2a_0\varkappa,$$

som atter er ækvivalent med III. Hermed er Theorem 1 fuldstændigt bevist.

Anm. 1. Naar vi i Theorem 1 sætter $-y$ for y, $-A$ for A, og altsaa $-y_0$ for y_0, bliver I og II uforandrede; disse Uligheder gælder saaledes uforandrede for $\Re(y) > A$.

Anm. 2. For $\varkappa = 0$ eller $x = x_0, x_1, \ldots x_n$ indtræder Lighedstegnet stedse i I, II og III. Det indtræder for enhver Værdi af x i det betragtede Omraade, naar

$$\frac{y-y_0}{y-y_0-2a_0} = \gamma R^{n+1}\prod_{\nu=0}^{n}\frac{x-x_\nu}{R^2-\bar{x}_\nu x} \quad \text{eller} \quad y = y_0 - 2(A-\Re y_0)\frac{\gamma R^{n+1}\prod\limits_{\nu=0}^{n}\frac{x-x_\nu}{R^2-\bar{x}_\nu x}}{1-\gamma R^{n+1}\prod\limits_{\nu=0}^{n}\frac{x-x_\nu}{R^2-\bar{x}_\nu x}},$$

hvor $|\gamma| = 1$ (se Anm. til Hjælpesætning 6, ovenfor S. 14).

Theorem 2. Under de i Theorem 1 gældende Forudsætninger er

$$|y-y_0| \leqq 2(A-\Re y_0)\frac{\varkappa}{1-\varkappa}.$$

Beviset følger af Theorem 1, I ved a fortiori at erstatte højre Side med $|y-y_0|\varkappa + 2a_0\varkappa$ *).

Anm. 1. Af Uligheden i dette Theorem følger igen nogle af Forudsætningerne, nemlig $y = y_0$ for $x = x_1, x_2, \ldots x_n$.

Anm. 2. For $\varkappa = \varkappa_0$ har vi

$$|y-y_0| \leqq 2(A-\Re y_0)\frac{R|x-x_0|}{|R^2-\bar{x}_0 x| - R|x-x_0|},$$

som for $x_0 = 0$, giver os en Sætning af Lindelöf (l. c. [11]), S. 15)

$$|y-y(0)| \leqq 2\big(A-\Re y(0)\big)\frac{|x|}{R-|x|},$$

hvoraf a fortiori følger Carathéodory's Sætning (se ovenfor S. 6) **).

*) I et specielt Tilfælde, nemlig naar man ved, at x har en saadan Værdi, at $\Re(y) \geqq \Re(y_0)$, vil Theorem 1, II give en nøjagtigere Ulighed: $|y-y_0| \leqq 2(A-\Re y_0)\frac{\varkappa}{\sqrt{1-\varkappa^2}}$.

**) Af Theorem 2 følger a fortiori i det almindelige Tilfælde

$$|y| \leqq |y_0| + 2(A-\Re y_0)\frac{\varkappa}{1-\varkappa} \leqq |\Im y_0| + 2A\frac{\varkappa}{1-\varkappa} + |\Re y_0|\frac{1+\varkappa}{1-\varkappa},$$

som direkte Generalisation af Carathéodory's Sætning.

Antager vi $x \neq x_0$, og dividerer vi den almindeligere Formel med $|x - x_0|$ samt lader $x_0 \to x$, har vi en anden Sætning af Lindelöf (ibid.)

$$\left|\frac{dy}{dx}\right| \leqq 2R\frac{A - \Re(y)}{R^2 - |x|^2},$$

som vi senere skal komme tilbage til.

Theorem 3. Under de i Theorem 1 gældende Forudsætninger, og idet η er en Konstant, er

$$|y - \eta| \geqq \left|\eta - y_0 + 2(A - \Re y_0)\frac{\varkappa^2}{1 - \varkappa^2}\right| - 2(A - \Re y_0)\frac{\varkappa}{1 - \varkappa^2},$$

$$|y - \eta| \leqq \left|\eta - y_0 + 2(A - \Re y_0)\frac{\varkappa^2}{1 - \varkappa^2}\right| + 2(A - \Re y_0)\frac{\varkappa}{1 - \varkappa^2}.$$

Beviset følger a fortiori af Theorem 1, III ved at erstatte venstre Side af Uligheden med respektive

$$\left|\eta - y_0 + 2a_0\frac{\varkappa^2}{1 - \varkappa^2}\right| - |y - \eta| \quad \text{og} \quad |y - \eta| - \left|\eta - y_0 + 2a_0\frac{\varkappa^2}{1 - \varkappa^2}\right|.$$

Anm. 1. For $\varkappa = 0$ reducerer de to Uligheder sig til Identiteter.

Anm. 2. For $\eta = y_0$ reducerer den nederste Ulighed sig til Theorem 2.

Anm. 3. Vi bemærker som specielt Tilfælde af Theorem 3 for $\eta = 0$, $\varkappa = \varkappa_0$ (med Benyttelse af Identiten i Hjælpesætning 2):

$$|y| \geqq \left|y_0 - 2(A - \Re y_0)\frac{R^2|x - x_0|^2}{(R^2 - |x_0|^2)(R^2 - |x|^2)}\right| - 2(A - \Re y_0)\frac{R|x - x_0|\,|R^2 - \bar{x}_0 x|}{(R^2 - |x_0|^2)(R^2 - |x|^2)}$$

og

$$|y| \leqq \left|y_0 - 2(A - \Re y_0)\frac{R^2|x - x_0|^2}{(R^2 - |x_0|^2)(R^2 - |x|^2)}\right| + 2(A - \Re y_0)\frac{R|x - x_0|\,|R^2 - \bar{x}_0 x|}{(R^2 - |x_0|^2)(R^2 - |x|^2)}.$$

For $x_0 = 0$ reducerer den nederste af disse to Formler sig til en Sætning af Lindelöf (ibid.), (dog skrevet paa en simplere Form),

$$|y| \leqq \left|y(0) - 2\big(A - \Re y(0)\big)\frac{|x|^2}{R^2 - |x|^2}\right| + 2\big(A - \Re y(0)\big)\frac{R|x|}{R^2 - |x|^2}.$$

Ogsaa af denne Sætning følger a fortiori Carathéodory's Sætning.

Theorem 4. Under de i Theorem 1 gældende Forudsætninger, idet η er en Konstant $\neq y_0$, og $\Re(\eta) < A$ *), vil

$$y \neq \eta, \quad \text{naar } \varkappa = \varkappa_0\varkappa_1 \ldots \varkappa_n < \left|\frac{y_0 - \eta}{y_0 + \bar{\eta} - 2A}\right|. \text{**})$$

*) For $\Re(\eta) \geqq A$ vil $y \neq \eta$ i hele det givne Omraade $|x| < R$.

**) Denne Betingelse kan ogsaa skrives saaledes:

$$\varkappa^2 < \frac{|y_0 - \eta|^2}{|y_0 - \eta|^2 + 4(A - \Re y_0)(A - \Re\eta)}.$$

Bevis. Vi betragter Funktionen

$$\frac{y-\eta}{y+\bar{\eta}-2A}=\frac{y-\eta}{y-\eta-2(A-\Re\eta)}$$

som er en regulær Funktion af x, fordi $\Re(y+\bar{\eta}-2A)<0$ ifølge Forudsætningerne. Ifølge Beviset for Theorem 1 (ved at sætte η for y_0) ser vi øjeblikkeligt, at Funktionen er absolut <1, og at den antager Værdien

$$\frac{y_0-\eta}{y_0+\bar{\eta}-2A}\neq 0$$

for $x=x_0, x_1, \ldots x_n$. Ifølge § 3, Theorem 4 (ovenfor S. 19) er hermed Beviset ført. (Et andet, men mindre simpelt Bevis faar man ved venstre Side af Theorem 3 og Anvendelse af α-Methoden. At gennemføre dette, overlades til Læseren).

Korollar. For $\varkappa=\varkappa_0$ har man

$$y\neq\eta,\quad\text{naar}\left|\frac{R(x-x_0)}{R^2-\bar{x}_0x}\right|<\left|\frac{y_0-\eta}{y_0+\bar{\eta}-2A}\right|,$$

eller (ifølge Hjælpesætning 4, idet vi sætter x for u, x_0 for u_0, $\left|\frac{y_0-\eta}{y_0+\bar{\eta}-2A}\right|$ for k, hvorved $\left|\frac{y_0-\eta}{y_0+\bar{\eta}-2A}\right||x_0|<|x_0|<R$), ækvivalent hermed

$$y\neq\eta,\quad\text{naar}\left|x-x_0\frac{R^2\left(|y_0+\bar{\eta}-2A|^2-|y_0-\eta|^2\right)}{R^2|y_0+\bar{\eta}-2A|^2-|x_0(y_0-\eta)|^2}\right|<R\frac{(R^2-|x_0|^2)\,|y_0+\bar{\eta}-2A|\,|y_0-\eta|}{R^2|y_0+\bar{\eta}-2A|^2-|x_0(y_0-\eta)|^2}$$

og specielt

$$y\neq 0,\quad\text{naar}\left|x-x_0\frac{R^2(|y_0-2A|^2-|y_0|^2)}{R^2|y_0-2A|^2-|x_0y_0|^2}\right|<R\frac{(R^2-|x_0|^2)\,|y_0-2A|\,|y_0|}{R^2|y_0-2A|^2-|x_0y_0|^2}.$$

Naar man vil nøjes med et mindre Omraade, har man den simplere Sætning:

$$y\neq\eta,\quad\text{naar }|x-x_0|<\frac{(R^2-|x_0|^2)\,|y_0-\eta|}{R|y_0+\bar{\eta}-2A|+|x_0(y_0-\eta)|},$$

som man lettest finder ved a fortiori at erstatte $|R^2-\bar{x}_0x|$ med $R^2-|x_0|^2-|x_0(x-x_0)|$ i den først angivne Betingelse.

Theorem 5. Under de i Theorem 1 gældende Forudsætninger er

$$-(A-\Re y_0)\frac{2\varkappa}{1-\varkappa}\leqq\Re(y-y_0)\leqq(A-\Re y_0)\frac{2\varkappa}{1+\varkappa}$$

eller

$$-A\frac{2\varkappa}{1-\varkappa}+\Re(y_0)\frac{1+\varkappa}{1-\varkappa}\leqq\Re(y)\leqq A\frac{2\varkappa}{1+\varkappa}+\Re(y_0)\frac{1-\varkappa}{1+\varkappa}.$$

Bevis. Af Theorem 1, II følger a fortiori

$$\left(\Re(y-y_0)\right)^2=(a_0-a)^2\leqq 4a_0a\frac{\varkappa^2}{1-\varkappa^2},$$

eller ækvivalent $(a_0-a)^2\leqq(a_0+a)^2\varkappa^2$, eller $\varkappa\geqq\frac{|a-a_0|}{a+a_0}$, eller

$$\varkappa \geqq \frac{a-a_0}{a+a_0} \geqq -\varkappa, \quad \text{eller} \quad a_0\frac{1-\varkappa}{1+\varkappa} \leqq a \leqq a_0\frac{1+\varkappa}{1-\varkappa},$$

som er ækvivalent med de Uligheder, som skulde bevises.

Anm. 1. For $\varkappa = 0$ reducerer de to Uligheder sig til Identiteter. Antages Ulighederne at gælde for en vis Funktion y, saa følger omvendt af Ulighederne tilhøjre $\Re(y) = \Re(y_0)$ for $\varkappa = 0$, og endvidere har man a fortiori $\Re(y-y_0) < A - \Re(y_0)$ eller $\Re(y) < A$.

Anm. 2. For $\varkappa = \varkappa_0$ har man

$$-(A-\Re y_0)\frac{2R\,|x-x_0|}{|R^2-\bar{x}_0 x|-R\,|x-x_0|} < \Re(y-y_0) < (A-\Re y_0)\frac{2R\,|x-x_0|}{|R^2-\bar{x}_0 x|+R\,|x-x_0|},$$

hvoraf for $x_0 = 0$ følger en Formel af LINDELÖF (l. c. [11]), S. 15).

$$-\big(A-\Re\, y(0)\big)\frac{2\,|x|}{R-|x|} \leqq \Re\big(y-y(0)\big) < \big(A-\Re y(0)\big)\frac{2\,|x|}{R+|x|}.$$

Korollar. Naar man har $A' < \Re(y) < A$, er

$$(A'-\Re\, y_0)\frac{2\varkappa}{1+\varkappa} \leqq \Re(y-y_0) \leqq (A-\Re\, y_0)\frac{2\varkappa}{1+\varkappa}.$$

Beviset følger ved at anvende Uligheden til højre, som vi allerede kender fra Theorem 5, paa Funktionen $-y$, idet $\Re(-y) < -A'$.

Theorem 6. Under de i Theorem 1 gældende Forudsætninger er

$$|\Im(y-y_0)| \leqq 2(A-\Re y_0)\frac{\varkappa}{1-\varkappa^2}.$$

Beviset læses umiddelbart ud af Theorem 1, III ved a fortiori i venstre Side at erstatte $y - y_0 + 2a_0\dfrac{\varkappa^2}{1-\varkappa^2}$ med den „imaginære Del“ deraf*).

Anm. 1. For $\varkappa = 0$ følger af Uligheden, at $\Im(y) = \Im(y_0)$. Tages altsaa Ulighederne i Theoremerne 5 og 6 tilsammen, giver disse igen alle de Forudsætninger, vi gik ud fra, nemlig $y(x_\nu) = y(x_0)$ for $\nu = 1, 2, \ldots, n$ og $\Re(y) < A$.

Anm. 2. For $\varkappa = \varkappa_0$ haves

$$|\Im(y-y_0)| \leqq 2(A-\Re y_0)\frac{R\,|x-x_0|\cdot|R^2-\bar{x}_0 x|}{(R^2-|x_0|^2)(R^2-|x|^2)},$$

som for $x_0 = 0$ giver en Formel af LINDELÖF (ibid.)

$$|\Im(y-y(0)| \leqq 2\big(A-\Re\, y(0)\big)\frac{R|x|}{R^2-|x|^2}.$$

---

*) I det specielle Tilfælde, hvor man ved, at x har en saadan Værdi, at $\Re(y) \geqq \Re(y_0)$, vil Theorem 1, II give en nøjagtigere Ulighed: $|\Im(y-y_0)| \leqq 2(A-\Re\, y_0)\dfrac{\varkappa}{\sqrt{1-\varkappa^2}}$.

Theorem 7 angaaende Differentialkvotienten af y.

Under de i Theorem 1 gældende Forudsætninger er

$$\left|\frac{dy}{dx}\right| \leqq 2R\frac{A-\Re(y)}{R^2-|x|^2} \leqq 2R\frac{A-\Re(y_0)}{R^2-|x|^2}\,\frac{1+\varkappa}{1-\varkappa}. \text{ *)}$$

Bevis. Den første Ulighed er allerede bekendt fra Anm. 2 til Theorem 2. Den anden Ulighed følger ved a fortiori at erstatte $a = A - \Re(y)$ med $a_0 \frac{1+\varkappa}{1-\varkappa} = (A-\Re y_0)\frac{1+\varkappa}{1-\varkappa}$ i Henhold til den sidste Ulighed i Beviset for Theorem 5.

Anm. 1. For $\varkappa = 0$ er der Identitet imellem andet og tredje Led; det førstnævnte kan derfor udskydes, uden at Formlen derfor bliver mindre omfattende. Heller ikke det første Lighedstegn kan undværes; thi Funktionen $y = 2A\frac{x}{R+x}$, (hvor A antages positiv, da $y(0) = 0$), opfylder Betingelsen $\Re(y) < A$ for $|x| < R$, og man har $\left|\frac{dy}{dx}\right| = 2R\frac{A-\Re(y)}{R^2-|x|^2}$ **).

Anm. 2. Skriver vi y som hel Potensrække af x

$$y(x) = c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + \ldots,$$

(med en Konvergensradius, som er $\geqq R$), giver den første Ulighed i Theorem 7, som Lindelöf har bemærket (ibid.), Relationen

$$R|c_1| \leqq 2(A-\Re c_0).$$

Ligesom i Anm. 2 til Theorem 5 i § 3 kan vi heraf (for q hel positiv) udlede den almindeligere Relation

$$R^q|c_q| \leqq 2(A-\Re c_0).$$

Theorem 8 angaaende Differenskvotienten af y.

Under de i Theorem 1 gældende Forudsætninger, er for $x \neq x^*$

$$\left|\frac{y-y^*}{x-x^*}\right|^2 \leqq 4R^2\,\frac{(A-\Re y)(A-\Re y^*)}{(R^2-|x|^2)(R^2-|x^*|^2)},$$

idet x^* er en ny uafhængig variabel, og $y^* = y(x^*)$.

Naar omvendt denne Ulighed er opfyldt, og der eksisterer en vis Værdi af x, for hvilken $\Re(y) < A$, vil $\Re(y) < A$ for alle x.

*) Hvis man desuden ved, at $\Re(y) > A'$, har man a fortiori

$$\left|\frac{dy}{dx}\right| < 2R\frac{A-A'}{R^2-|x|^2}.$$

**) Lighedstegnet indtræder mere almindeligt for Funktionen

$$y = y_0 + 2\gamma(A-\Re y_0)\frac{R(x-x_0)}{R^2-\bar{x}_0 x+\gamma R(x-x_0)},$$

hvor x_0, y_0 og γ er Konstanter, som opfylder Betingelserne $|x_0| < R$, $\Re(y_0) < A$, $|\gamma| = 1$.

Bevis. Theorem 1, II udsiger for $\varkappa = \varkappa_0$, at Uligheden

$$|y - y_0|^2 \leqq 4 a_0 a \frac{\varkappa_0^2}{1 - \varkappa_0^2} = |x - x_0|^2 \cdot 4 R^2 \frac{a_0 a}{(R^2 - |x_0|^2)(R^2 - |x|^2)}$$

er af 1ste Klasse, saafremt der gives et x_0, for hvilket $\Re(y_0) < A$. Med Ombytning af x_0 med x^* er Beviset ført.

Anm. Ønsker vi, at der paa højre Side af Uligheden i Theorem 8 ikke maa forekomme y eller y^*, erstatter vi a fortiori (som i foregaaende Theorem)

$$A - \Re(y) \quad \text{med} \quad (A - \Re y_0)\frac{1 + \varkappa}{1 - \varkappa}$$

og

$$A - \Re(y^*) \quad \text{med} \quad (A - \Re y_0)\frac{1 + \varkappa^*}{1 - \varkappa^*}.$$

Ganske som i Anm. 2 til Theorem 6, § 3 kan dette varieres paa flere Maader.

OM

POULSEN-BUEN

OG DENS TEORI

EN EKSPERIMENTALUNDERSØGELSE

AF

P. O. PEDERSEN

MED 4 TAVLER

D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, naturv. og mathematisk Afd., 8. Række II. 4



KØBENHAVN
HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI
1917

INDHOLDSFORTEGNELSE

Indledning.*)

W. DUDDELLS Opdagelse af den syngende Bue 1899[1] **) — der, gennem de af V. POULSEN nogle Aar senere (1902—03)[2]) gjorte Opdagelser, kom til at danne Grundlaget for den første effektive Generator for højfrekvente Strømme (Poulsen-Buen eller Bue-Generatoren) — har givet Anledning til Udførelsen af mange Undersøgelser over den elektriske Bue og fremkaldt en meget righoldig Litteratur om dette Emne. Foruden de af DUDDELL[3]) og POULSEN[4]) selv offentliggjorte Undersøgelser skal her nævnes en lang Række Arbejder, udførte af H. TH. SIMON[5])[6])[7]) og hans Elever (H. BARKHAUSEN[8]), G. LANGE[9]), M. REICH[10]), K. W. WAGNER[11]) og mange flere), der paa adskillige Punkter har bidraget til at klare Forholdene, samt A. BLONDELS[12]) instruktive, oscillografiske Optagelser af Strøm- og Spændingskurver for Duddell-Buen. Af mere almindelige Bueundersøgelser, der har særlig Interesse for det foreliggende Emne, skal nævnes G. GRANQVIST'S[13]) Arbejder over Indflydelsen paa Buefænomenet af Varmeafledningen gennem Elektroderne, og de af J. STARK[14])[15]) og J. J. THOMSON[16]) paa Grundlag af Elektronteorien skitserede Bueteorier.

Gennem de nævnte og en Række andre Arbejder er det delvis lykkedes at anskueliggøre Poulsen-Buens Virkemaade i Hovedtrækkene, men ogsaa kun delvis. Saaledes er Magnetfeltets Virkninger hidtil ikke klarlagt paa tilfredsstillende Maade, og den gængse Omtale deraf er gennemgaaende meget ufuldstændig og ofte ganske misvisende, hvad der vil fremgaa af det følgende. Nogen virkelig fyldestgørende Teori for Poulsen-Buen har man i Øjeblikket slet ikke, naar man ved en fyldestgørende Teori forstaar en saadan, ved hvis Hjælp man, ud fra givne Konstanter for Svingningskredsen og Buen og for en given Fødespænding, forud kan beregne Værdien af Fødestrøm og Højfrekvensstrøm, samt denne sidstes Frekvens og Kurveform; — ja end ikke, naar man ser bort fra den nævnte Karakterisering af Højfrekvensstrømmen.

Selv rent kvalitativt, fænomenologisk vil man i mange — ja vel i de fleste — Tilfælde være ude af Stand til ved Hjælp af „Teorien" forud at angive Resultatet af en Forandring i eet eller flere af de Forhold, der er bestemmende for Poulsen-Buens Virkemaade. At ogsaa andre føler Utilstrækkeligheden af de hidtil opstillede

*) En Del af Resultaterne af det foreliggende Arbejde er meddelt ved Naturforskermødet i Kristiania d. 13—7—1916.

**) Tallene henviser til Litteraturfortegnelsen p. 46.

Teorier, fremgaar bl. a. af nogle Udtalelser af A. O. LILJESTRÖM [17]) (særlig i Indledningen til Kap. 1 af det citerede Hefte).

Grunden til, at man trods det store Arbejde, der er sat ind paa Sagen, hidtil ikke er kommen længere, maa først og fremmest søges i de store Vanskeligheder, Emnet i sig selv frembyder, og som bl. a. ligger i de høje Frekvenser, der vanskeliggør en paalidelig Optagelse af Strøm- og Spændingskurver. Man har derfor som oftest indskrænket Undersøgelsen til Duddell-Buen med lave Frekvenser, i det højeste nogle faa Tusinde og hyppigst omkring 300 indtil 1000. Herfra maa dog undtages nogle Optagelser med Brauns Rør. H. HAUSRATH [18]) har angivet en Metode, ved hvis Hjælp man bringer Straalen i et Brauns Rør til at beskrive en Slags stationær Lissajous-Figur under Paavirkning af Spænding eller Strøm i Buekredsen og i en til denne løst koblet Sekundærkreds, der er i Resonans med Højfrekvensstrømmen. Ud fra Lissajous-Figurens Form kan man saa konstruere sig til Strøm- eller Spændingskurvens Form. Metoden, der er anvendt af K. ORT [19]) samt af H. FASSBENDER og E. HUPKA [20]), har den Mangel, at den kræver Anvendelsen af en til Buekredsen forholdsvis løst koblet Sekundærkreds. Erfaringen har imidlertid lært, at en Bue-Generator kan paavirkes stærkt af en løst tilkoblet Sekundærkreds; denne giver saaledes let Anledning til store Frekvensvariationer. Forklaringen af disse Forhold er i Hovedsagen givet af P. O. PEDERSEN [21]). Metoden kræver desuden en forholdsvis lang Eksponeringstid — 1/8 Minut og derover —, saaledes at Lissajous-Figuren kun giver en Slags „Middelkurve“ for flere Millioner Perioder. Endelig er de anvendte Strømstyrker saa smaa — højst 3 Ampère —, at disse Undersøgelser ikke har nogen Værdi for den normale Poulsen-Bue (se nedenfor).

Ogsaa et andet Forhold har bidraget til at besværliggøre Klarlæggelsen af Bue-Generatorens Virkemaade. Saa godt som alle de nævnte Undersøgelser er foretagne med forholdsvis smaa Laboratorieapparater og under Anvendelse af en ringe Effekt. Fødestrømmen har hyppigst kun været nogle faa Ampère. Nu forholder Sagen sig, hvad der vil fremgaa af det følgende, netop saaledes, at man ved de store Buer, der passeres af stærke Strømme — svarende til de i Praksis anvendte Poulsen-Buer — i flere Henseender finder de simpleste Forhold, og i hvert Fald Forhold, der afviger stærkt fra dem, der forefindes ved de „smaa“ Buer, saaledes at de fleste af de anstillede Laboratorieforsøg kun har ringe Interesse for Poulsen-Buens Teori.

Jeg har i de senere Aar haft Lejlighed til at anstille en Del Undersøgelser vedrørende Poulsen-Buens Virkemaade og skal i det følgende meddele nogle af de opnaaede Resultater. Omtalen af disse falder, efter en kort Beskrivelse af Apparater og Forsøgsopstillinger, i to Afsnit, A og B. Det første, som er ganske kort, angaar Poulsen-Buens Teori set fra et ingeniørmæssigt Standpunkt. I Afsnit B søger jeg at udvikle Teorien for og Forstaaelsen af Poulsen-Buen yderligere; navnlig prøver jeg at give en Forklaring af de i A fundne Resultater og tillige at gøre noget nærmere Rede for Magnetfeltets Virkemaade. Jeg kommer derved paa flere Punkter til en Opfattelse, der afviger en Del fra den nu gældende.

Næsten alle Forsøg er udført i den polytekniske Læreanstalts Laboratorium for Telegrafi og Telefoni. Jeg har haft udmærket Assistance af Ingeniørerne J. P. CHRISTENSEN, H. TRAP FRIIS og E. JACOBSEN ved Forsøgenes Udførelse, af Ingeniør HUGO FORTMEIER ved Udarbejdelsen af Beretningen og Tegning af Figurerne, samt af Laboratoriets Mekaniker, FOLMER NIELSEN, ved Udførelsen af det fotografiske Arbejde.

Apparater og Forsøgsopstillinger.

I Fig. 1 er vist det skematiske Diagram af Bue-Generatoren, medens Fig. 2 giver et noget udførligere Diagram af den benyttede Forsøgsopstilling. Fig. 3 gengiver et Fotografi af den anvendte Bue-Generator, hvis Elektroder er vist skitsemæssigt i Fig. 4. Anoden er af Kobber, hul og vandkølet, medens den aktive Del af Katoden bestaar af Kulringen *d*, som er skruet til Kobberstangen *a*, der atter er skudt ind i Messingrøret *b*. *P* viser den ene Polsko af den Elektromagnet, som frembringer det magnetiske Felt, hvori Buen befinder sig. Feltets Retning er saaledes, at Buen drives opad. Dets Intensitet *H* maales ved Hjælp af en Grassot Kraftlinietæller med Prøverullen paa Buens Plads. Elektrodeafstanden kan finreguleres ved Drejning af den paa Fig. 3 synlige Ebonitcylinder, hvorved Katoden forskydes frem eller tilbage, medens Bue-tændingen kan foretages ved Indtrykning af den tyndere Ebonitstang, der gaar ud gennem den nævnte Cylinder. Katoden drejes langsomt rundt af den paa Fig. 3 synlige lille Elektromotor. (I Virkeligheden er Elektrodeafstanden langt mindre end den i Fig. 4 viste, omkring 1 mm).

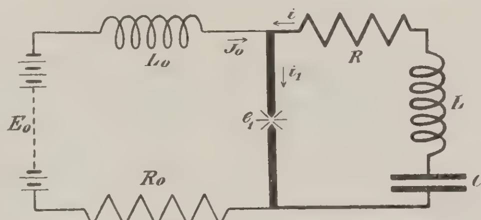


Fig. 1. Simpelt Diagram for Duddell- og Poulsen-Buen.

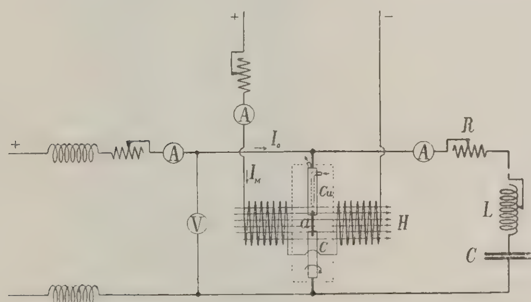


Fig. 2. Diagram for den benyttede Forsøgsopstilling.

Kondensatoren *C* i Buekredsen bestod af en eller flere Oliekondensatorer (Ricinusolie), af hvilke 4 stod til Raadighed, hver med en Kapacitet paa ca. 7300 cm. Selvinduktionsrullen *L* bestod af 70 Vindinger 5 mm tyk, blank Kobbertraad viklet paa et Ebonitstativ. Den maksimale Selvinduktion var $1{,}3 \times 10^6$ cm. Modstanden *R* i Buekredsen var en Kulmodstand, hvis Konstruktion fremgaar af Fig. 5. Den effektive Modstand i Buekredsen med Kulmodstanden kortsluttet var efter Omstændighederne mellem 0,5 og 1,0 Ohm. Da

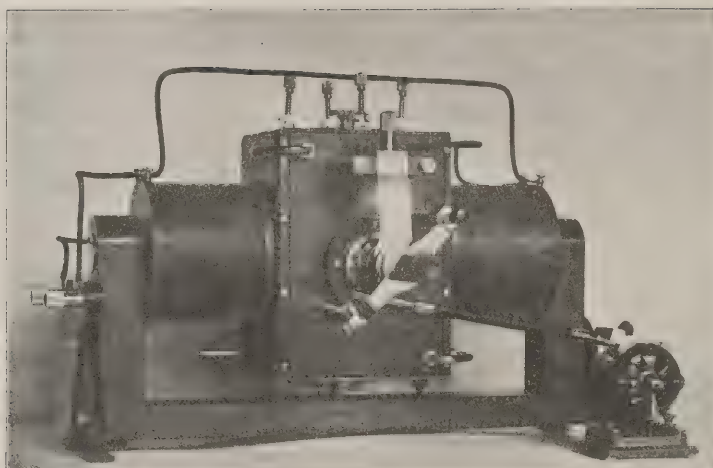


Fig. 3. Fotografi af den benyttede Poulsen-Bue.

det foreliggende Arbejde ikke gaar ud paa Bestemmelse af Nyttegrader, har vi ved Omtalen af Forsøgene kun anført Værdien af den indskudte Kulmodstand og betegnet denne ved R. I de teoretiske Betragtninger betegner R derimod Buekredsens totale effektive Modstand. Dæmperullerne i Fødeledningerne bestod af svært Kobberkabel med en samlet Selvinduktion paa 0,1 Henry.

Til Forsøgene anvendtes efter Omstændighederne 220 eller 440 Volt fra Bynettet, medens Magnetiseringsstrømmen toges fra et lokalt Akkumulatorbatteri paa 110 Volt. I de fleste Tilfælde brændte Buen i en Atmosfære af Belysningsgas taget direkte fra Byens Gasledning; i enkelte Tilfælde anvendtes Brint (komprimeret paa Staalflasker), men i saa Fald er det altid udtrykkelig fremhævet ved Omtalen af Forsøgene.

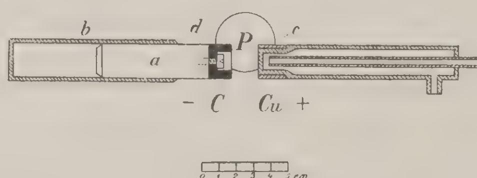


Fig. 4. Skitse af Elektroderne.

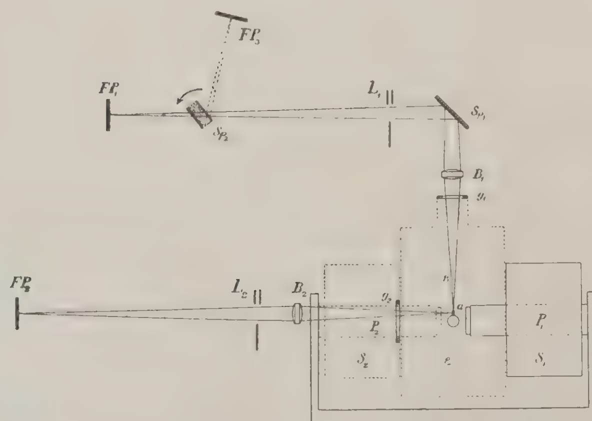


Fig. 6. Skematisk Fremstilling af de fotografiske Opstillinger.

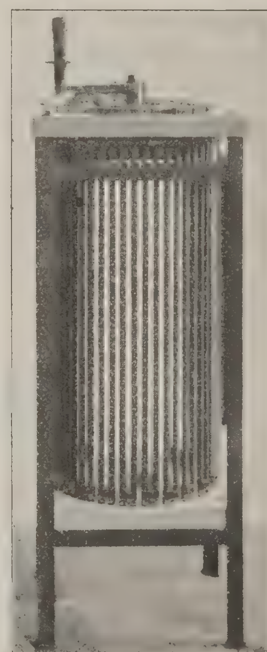


Fig. 5. Kulmodstand.

Ved mange af Forsøgene var, som antydet i Fig. 6, det ene Polstykke P_2 og den derpaa siddende Rulle S_2 fjærnet, medens det fremkomne Hul i Kassens Side lukkedes med et Glimmervindue g_2. Gennem dette kan man ved Hjælp af Linsen B_2, Lukkeren L_2 og den fotografiske Plade FP_2 optage et Billede af Buen set fra Siden, et „Profilbillede". Kassens Laag var forsynet med en cylindrisk Udbygning, der foroven var lukket med et Glimmervindue g_1. Gennem dette kunde man ved Hjælp af Linsen B_1, Metalspejlet Sp_1 og Lukkeren L_1 enten optage et stationært Kraterbillede paa den fotografiske Plade FP_1 eller, ved Benyttelse af det hurtig roterende Metalspejl Sp_2, paa Pladen FP_3 fotografere den variable Krater- og Buetilstand med Tiden som Abscisse. Den sidste Art af Billeder vil vi i det følgende betegne som Krateroscillogrammer. Det roterende, plane Spejl hører til en Gehrcke Katodelysoscillograf (se f. Eks. J. Zenneck, Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie. 4. Aufl. 1916, Fig. 8; samt 25 a og b i Litteraturfortegnelsen), der ogsaa benyttedes ved de senere omtalte, oscillografiske Optagelser af Buespændingen. Spejlet kan gøre indtil 200 Omdrejninger pr. Sek.

A.

1 a. Forholdet mellem Højfrekvensstrøm og Fødestrøm. Da man ikke har nogen fyldestgørende Teori for Poulsen-Buen, ved hvis Hjælp man er i Stand til at beherske Forholdene, ligger det nær at søge empiriske Relationer mellem de effektive Værdier af de forskellige Strømme og Spændinger. Det første Spørgsmaal, der her frembyder sig, er: Hvorledes afhænger Forholdet g mellem Højfrekvensstrømmens effektive Værdi I og Fødestrømmen I_0*) af Kredsens Konstanter, Buens Konstruktion, Fødespændingen og andre Forhold. K. VOLLMER[22]) er formentlig den eneste, der hidtil har meddelt noget nærmere herom. Han fandt, at indenfor meget vide Grænser var $g = \frac{I}{I_0} = 0{,}77$. Hans Undersøgelser omfattede Bølgelængder mellem 300 og 1915 m og Fødestrømme fra 1 til 7 Ampere, medens Buekredsenes Karakteristik $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$ laa mellem 30 og 1300 Ohm. W. DUDDELL[1]) fandt $g = 0{,}90$ for $I_0 = 5$ Ampere, J. A. FLEMING[23]) $g =$ ca. $0{,}63$ for $I_0 = 8$ Ampere. L. W. AUSTIN[24]) angiver $g = 1$ for $I_0 = 4$ Ampere, for $\lambda = 3600$ m og for $\rho = 4{,}5$ Ohm, medens FASSBENDER og HUPKA[20]) finder $g = 0{,}83$ for $I_0 = 1{,}1$ Ampere; $\lambda = 3180$ m og $\rho = 567$ Ohm.

For den normale Poulsen-Bue — hvorved jeg forstaar en Poulsen-Bue, der drives med mindst 10 à 15 Ampere, arbejder med Bølgelængder paa 1000 m og derover, samt med Værdier af ρ, der er over 50 Ohm**) — er Forholdet g med ret stor Nøjagtighed bestemt ved

$$g = \sqrt{\frac{1}{2}}. \qquad (1)$$

Under de Forhold, som forefindes paa sædvanlige større Buestationer, eller under tilsvarende Laboratorieforhold, gælder Ligning (1) med en saa stor Nøjagtighed, at man med de bedste tekniske Amperemetre for höjfrekvent Strøm ikke er i Stand til med Sikkerhed at konstatere nogen Afvigelse. Efterhaanden som man nærmer sig de nævnte Grænser og eventuelt passerer disse, bliver Afvigelserne større, idet g antager højere Værdier.

---

*) Angaaende Betegnelser henvises til Oversigten over disse.

**) For almindelige Radiostationer har ρ som Regel en Værdi af nogle Hundrede Ohm.

b. Beregning af Fødestrøm eller Fødespænding. Kaldes den effektive Modstand i Buekredsen for R, Fødespændingen V_0 og Buens Nyttegrad η, har man følgelig

$$\eta I_0 V_0 = I^2 R = \frac{1}{2} I_0^2 R,$$

eller

$$2\eta V_0 = I_0 R. \tag{2}$$

Kender man Værdien af η, giver Formlerne (1) og (2) Midlerne til en ingeniørmæssig Forudberegning af Poulsen-Buen, idet der som Regel til et Radioanlæg med Poulsen-Bue stilles den Fordring, at der for en vis Bølgelængde opnaas en fastsat Strøm i en given Antenne. Værdien af η er ikke konstant; den afhænger af Bølgelængden — aftager med denne — og, omend i mindre Grad, af R og ρ samt af forskellige andre Forhold. I Praksis vil man som oftest med tilstrækkelig Tilnærmelse kende Værdien af η under de opgivne Forhold*). Formlerne (1) og (2) giver da en overmaade simpel Bestemmelse af den til en vis Højfrekvensstrøm I svarende Fødestrøm I_0 og Fødespænding V_0.

2 a. Den fordelagtigste Indstilling af Bue-Generatoren. En anden vigtig Konsekvens af Formel (1) er følgende: Da Forholdet mellem Højfrekvensstrømmen og Fødestrømmen er konstant, saa er Buens Nyttegrad Maksimum under givne Forhold, naar Fødespændingen er Minimum. Drives Buen fra en Elektricitetskilde med konstant Spænding, gennem en konstant Forlagsmodstand — i Praksis meget lille, kun hidrørende fra Dæmperullernes Modstand — er følgelig Buens Nyttegrad Maksimum, naar Højfrekvensstrømmen (eller Fødestrømmen) er Maksimum. For under givne Forhold at frembringe den maksimale Højfrekvensstrøm kræves der en bestemt Buelængde og et bestemt Magnetfelt, idet de gunstigste Værdier for begge disse Størrelser i ret høj Grad afhænger af Kredsens Konstanter. Buegeneratorer indrettes derfor med variabel Buelængde og variabelt Magnetfelt. Buen bliver først aktiv, naar den trækkes ud til en vis, kritisk Længde, medens den for mindre Længder brænder som Jævnstrømsbue. Dog kan Elektrodeafstanden formindskes lidt, naar Buen er bleven aktiv, uden at Buens Aktivitet ophører (se V. Poulsen 4 a, p. 966). Buen giver den maksimale Højfrekvensstrøm, naar Elektrodeafstanden er den mindst mulige, altsaa den kritiske eller lidt derunder; forøges Buelængden, aftager Højfrekvensstrømmen, og, naar Buelængden har naaet en vis Værdi, slukkes Buen helt. Den kritiske Elektrodeafstand er saaledes i og for sig den bedste; dog er det af Stabilitetsgrunde som Regel nødvendigt at gøre Buelængden lidt større end den kritiske. Med Magnetfeltet forholder det sig paa lignende Maade; Buen arbejder med størst Nyttegrad med det svageste Magnetfelt, for hvilket Buen brænder roligt og med konstant Buelængde; men dette Spørgsmaal kommer vi udførlig tilbage til senere.

*) η ligger som Regel mellem 30 og 50 %.

b. Buens Overgang fra den inaktive til den aktive Tilstand. Det foregaaende viser, at Bue-Generatoren enten arbejder (er aktiv) med en Højfrekvensstrøm, der er lig med eller større end $\sqrt{\frac{1}{2}} \cdot I_0$, eller ogsaa slet ikke arbejder (er inaktiv).

Højfrekvensstrømmen begynder ikke med at være en ganske ringe Brøkdel af Fødestrømmen for, efterhaanden som Forholdene bliver bedre, at tiltage i Styrke; det er enten—eller. Man forstaar derfor ogsaa, at selv forholdsvis smaa Forandringer i Buens Forhold kan være afgørende for Buens Evne til at optræde som Højfrekvensgenerator, idet de nævnte Forandringer lige netop kan bringe Buen fra den inaktive over i den aktive Tilstand. Dette forklarer, at det kan være af afgørende Betydning, om Buen brænder i Brint eller i atmosfærisk Luft, til Trods for at Forskellen mellem de to Luftarter i de fleste andre Henseender kun er kvantitativ.

B.

3. Behandling af Bue-Generatorens Teori paa Grundlag af Barkhausens simple Karakteristik. Den nuværende Opfattelse af Buegeneratorens Virkemaade har faaet sit simpleste og prægnanteste Udtryk gennem den i Fig. 7 viste, af Barkhausen indførte idealiserede Karakteristik[8a]). Den har ogsaa først derigennem faaet en saa konkret Form, at man er i Stand til regningsmæssigt at behandle Problemet. Det er derfor ogsaa den, der overalt i den nyere Litteratur er lagt til Grund for Behandlingen. (Sammenlign f. Eks. den foran p. 9 omtalte, udmærkede Lærebog af Zenneck, p. 260—293). For Kortheds Skyld vil vi i det følgende betegne denne Opfatelse som B-Teorien.

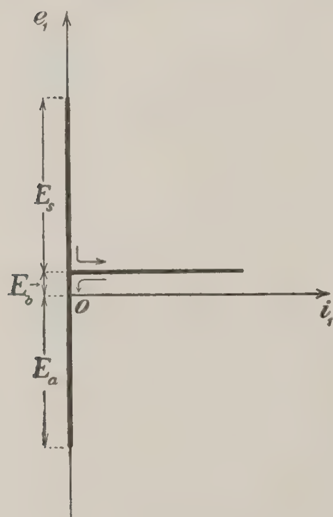


Fig. 7. Barkhausens simple Karakteristik.

Det ligger derfor nær at undersøge, hvorvidt den foran for Poulsen-Buen fundne Værdi af Forholdet g er i Overensstemmelse med Konsekvenserne af B-Teorien. Som Indledning hertil udledes først nogle Formler paa Grundlag af samme, idet jeg benytter de i Figurerne 7—9 angivne Betegnelser og iøvrigt henviser til Oversigten over disse.

Fig. 8 og 9 viser Strøm- og Spændingskurver for Buen og Kondensatoren under Forudsætning af den i Fig. 7 viste Karakteristik, idet Fig. 8 fremstiller Forholdene for $R = 0$ og Fig. 9 for $R > 0$.

Det forudsættes i det følgende, at Dæmperullerne i Fødeledningerne er saa store, at Fødestrømmen I_0 i Hovedsagen kan regnes konstant, en Forudsætning, der praktisk talt er opfyldt.

For at forøge Overskueligheden, vil vi først behandle det ideale Grænsetilfælde, i hvilket Buekredsen er modstandsfri.

a. $\boldsymbol{R} = 0$. Medens Buen brænder, kan Strømmen i Buekredsen skrives paa Formen (se Fig. 8):

$$i = I_m \cdot \sin(\omega_0 t - \varphi),$$

hvor

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

I den Tid, Buen er slukket, er $i = -I_0$. Til Udgangspunkt for Tidsregningen tages det Tidspunkt, hvor Buestrømmen i_1 begynder, altsaa Tændingsøjeblikket. Man har da, for $t = 0$

$$-I_0 = i = -I_m \cdot \sin\varphi,$$

altsaa

$$\sin\varphi = \frac{I_0}{I_m}. \tag{3}$$

Kondensatorspændingen e bestemmes ved

$$e = e_1 + L\frac{di}{dt}, \tag{4}$$

hvor e_1 er Buespændingen. Ligning (4) antager to forskellige Former, eftersom Buen brænder eller er slukket, nemlig

$$e = E_b + \omega_0 L I_m \cdot \cos(\omega_0 t - \varphi) \qquad (5_1)$$

for brændende (strømførende) Bue, og

$$e = e_1 \qquad (5_2)$$

for slukket (strømfri) Bue.

For $t = 0$ skal man endvidere have

$$e = e_1 = E_s + E_b,$$

altsaa ifølge (5_1)

$$E_s = \omega_0 L I_m \cdot \cos\varphi = \rho I_m \cos\varphi = \rho\sqrt{I_m^2 - I_0^2}, \tag{6}$$

eller

$$\frac{I_m^2}{I_0^2} = 1 + \left(\frac{E_s}{\rho I_0}\right)^2 = 1 + k^2, \tag{7}$$

hvor

$$k = \frac{E_s}{\rho I_0} \quad \text{og} \quad \operatorname{tg}\varphi = \frac{1}{k}. \tag{8}$$

Perioden T falder i to Dele: Brændetiden T_1, og den Tid T_2, i hvilken Buen er slukket. Kaldes Svingningskredsens naturlige Periode $\tau_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$, har man (se Fig. 8):

$$T_1 = \frac{1}{2}\tau_0 + \frac{2\varphi}{2\pi}\cdot\tau_0,$$

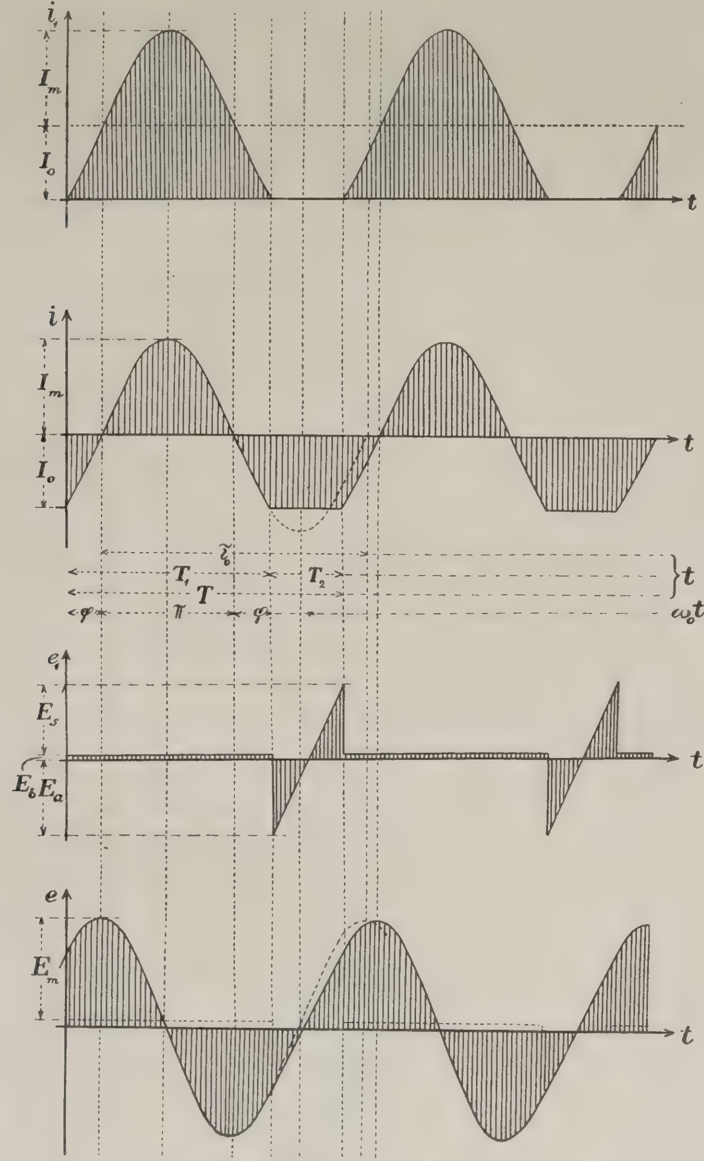


Fig. 8. Strøm- og Spændingskurver under Forudsætning af Barkhausens simple Karakteristik og for $R = 0$.

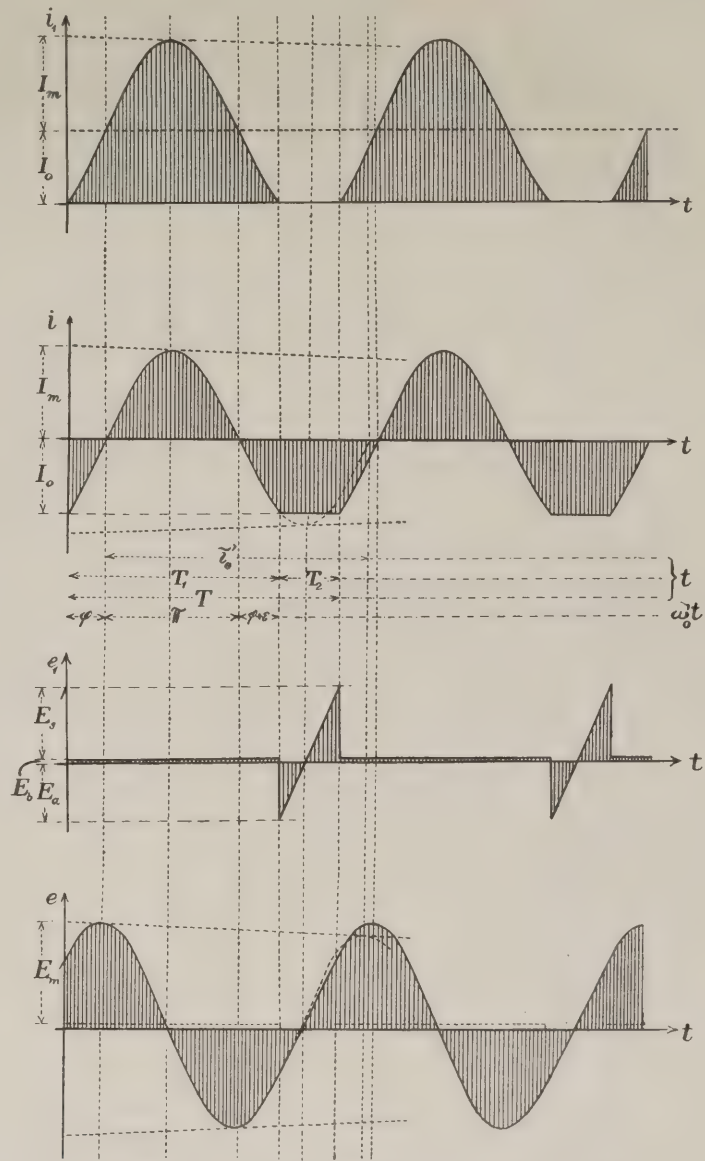


Fig. 9. Strøm- og Spændingskurver under Forudsætning af Barkhausens simple Karakteristik og for $R > 0$.

og

$$I_0 T_2 = C(E_s + E_b - E_a) = 2CE_s,$$

eller

$$T_2 = 2C\frac{E_s}{I_0} = 2\omega_0 LC\frac{I_m}{I_0}\cos\varphi = \frac{2}{\omega_0}\cot\varphi = \frac{\tau_0}{\pi}\cot\varphi. \tag{9}$$

Forholdet f_0 mellem den virkelige Periode $T = T_1 + T_2$ og Kredsens naturlige Periode τ_0 er følgelig

$$f_0 = \frac{T}{\tau_0} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi}(\varphi + \cot\varphi) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi}\left(\operatorname{arctg}\frac{1}{k} + k\right). \tag{10}$$

Man har

$$\operatorname{arctg}\frac{1}{k} = \frac{\pi}{2} - k + \frac{1}{3}k^3 - \frac{1}{5}k^5 + \cdots$$

Indsættes dette i (10) faas

$$f_0 = 1 + \frac{k^3}{3\pi} - \frac{k^5}{5\pi} + \cdots \tag{11}$$

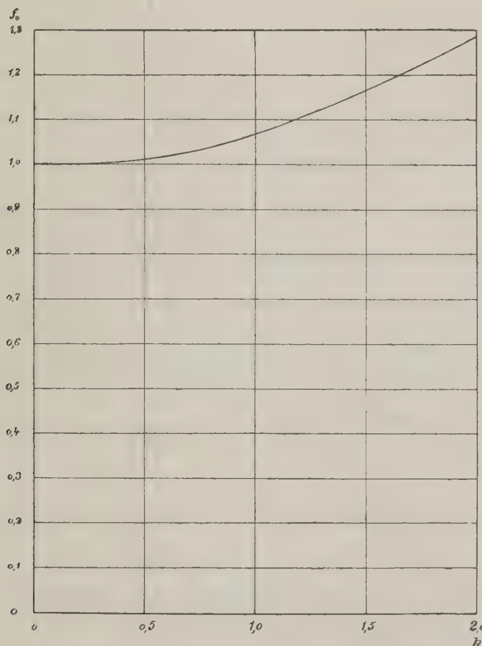


Fig. 10. Forholdet mellem Højfrekvensstrømmens Periode og Buekredsens naturlige Periode beregnet paa Grundlag af B-Teorien; afsat som Funktion af Parametren k.

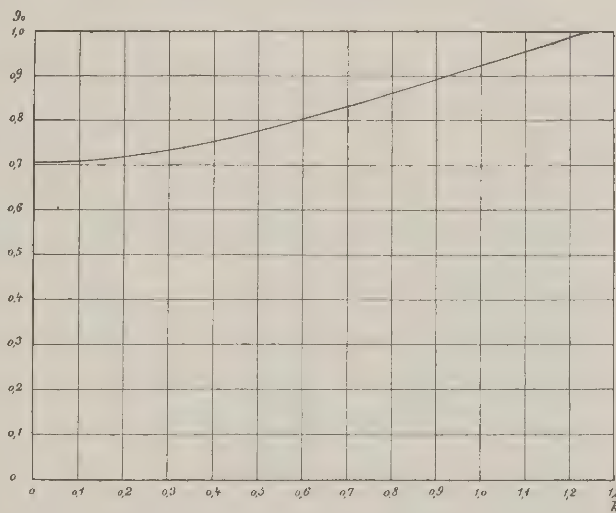


Fig. 11. Forholdet mellem Højfrekvensstrømmens effektive Værdi og Fødestrømmen beregnet paa Grundlag af B-Teorien; afsat som Funktion af Parametren k.

Fig. 10 viser, hvorledes f_0 afhænger af k. Man ser, at f_0 først for Værdier af k, der er større end 0,3, fjærner sig kendelig fra Værdien 1.

Forholdet g_0 mellem den effektive Værdi I af Strømmen i Buekredsen og Jævnstrømmen I_0 bestemmes ved:

$$g_0^2 = \frac{\frac{1}{\omega_0}\int_0^{\pi} I_m^2 \sin^2(\omega_0 t)\cdot d(\omega_0 t) + \frac{2}{\omega_0}\int_0^{\varphi} I_m^2 \sin^2(\omega_0 t)\cdot d(\omega_0 t) + T_2 I_0^2}{\tau_0 \cdot f_0 \cdot I_0^2}$$

$$= \frac{I_m^2\left(\frac{\pi}{2}+\varphi - \frac{1}{2}\sin 2\varphi\right) + 2 I_0^2 \cot\varphi}{2\pi f_0 I_0^2} = \frac{(1+k^2)\left(\frac{\pi}{2}+\varphi\right)+k}{2\pi f_0}$$

$$= \frac{1}{2}\left(1 + k^2 - \frac{k^3}{\frac{\pi}{2} + \operatorname{arc\,tg}\frac{1}{k} + k}\right). \tag{12}$$

Fig. 11 viser, hvorledes g_0 afhænger af k.

For smaa Værdier af k reduceres (12) til:

$$g_0 = \sqrt{\tfrac{1}{2}(1+k^2)} = \left(1 + \tfrac{1}{2}k^2\right)\sqrt{\tfrac{1}{2}}, \tag{13}$$

eller, naar $\frac{1}{2}k^2$ kan bortkastes i Sammenligning med 1,

$$g_0 = \sqrt{\tfrac{1}{2}} = 0{,}707.$$

For smaa Værdier af k er Værdien af g_0 meget nær lig med denne Grænseværdi.

Ved at indsætte k, taget fra (7), i (12) faas g_0 som Funktion af $\frac{I_0}{I_m}$; Resultatet heraf er fremstillet i Fig. 12.

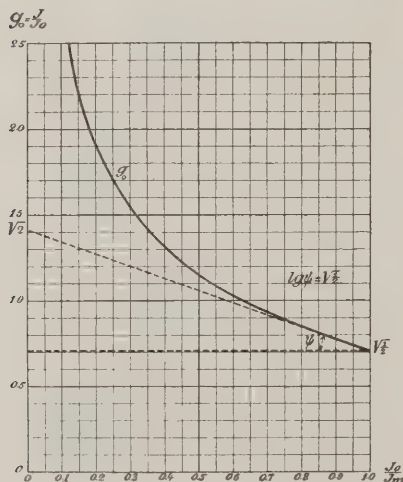


Fig. 12. Forholdet mellem Højfrekvensstrømmens effektive Værdi og Fødestrømmen beregnet paa Grundlag af B-Teorien; afsat som Funktion af $\frac{I_0}{I_m}$.

Man finder uden Vanskelighed, at $g_0 = \sqrt{\frac{1}{2}}$ for $\frac{I_0}{I_m} = 1$, og at g_0-Kurvens Tangent i dette Punkt danner en Vinkel Ψ med Aksen, hvor $\operatorname{tg}\Psi = -\sqrt{\frac{1}{2}}$.

For Værdier af $\frac{I_0}{I_m}$, der ikke afviger alt for meget fra 1, har man derfor med god Tilnærmelse (se Fig. 12):

$$g_0 = \sqrt{\tfrac{1}{2}}\left(2 - \frac{I_0}{I_m}\right). \tag{14}$$

b. $\boldsymbol{R} > 0$. Medens Buen brænder, kan Strømmen i i Buekredsen sættes lig med

$$i = I_m \cdot e^{-\varkappa t} \cdot \sin(\omega_0' t - \varphi). \tag{15}$$

I den Tid, Buen er slukket, er $i = -I_0$.

Her skal for $t = 0$ de to Tilstande give samme Værdi for i, nemlig $i = -I_0$; følgelig er

$$\sin\varphi = \frac{I_0}{I_m} = \frac{1}{\sqrt{1+k^2}}. \tag{16}$$

Medens Buen brænder, er Kondensatorspændingen e bestemt ved:

$$e = E_b + Ri + E_m \cdot e^{-\varkappa t} \cdot \cos(\omega'_0 t - \varphi - \chi). \tag{17}$$

Da i er Kondensatorens Afladestrøm, skal man have

$$-i = C\frac{de}{dt},$$

altsaa

$$I_m \cdot \sin(\omega'_0 t - \varphi) = CE_m[\varkappa \cos(\omega'_0 t - \varphi - \chi) + \omega'_0 \sin(\omega'_0 t - \varphi - \chi)] - R\frac{di}{dt}. \tag{18}$$

Heraf faas uden Vanskelighed følgende Tilnærmelsesformel:

$$E_m = \rho \cdot I_m \quad \text{og} \quad \operatorname{tg}\chi = \frac{\varkappa}{\omega_0} = \frac{R}{2\rho}. \tag{19}$$

Da Buen, ifølge Forudsætning, lige netop tændes til Tiden $t = 0$, skal følgende Relation være opfyldt:

$$E_s = I_0 R + E_m \cdot \cos(\varphi + \chi). \tag{20}$$

Her er

$$\cos(\varphi + \chi) = \frac{k}{\sqrt{1+k^2}} - \frac{1}{\sqrt{1+k^2}} \cdot \frac{\varkappa}{\omega_0}, \tag{21}$$

der indsat i (20) giver

$$E_s = k\omega_0 L I_0 + \tfrac{1}{2} R I_0,$$

eller

$$k = \frac{1}{\omega_0 L}\left(\frac{E_s}{I_0} - \frac{R}{2}\right) = \frac{E_s}{\rho \cdot I_0} - \frac{R}{2\rho}. \tag{22}$$

Her er det sidste Led som Regel forsvindende, saaledes at man kan sætte

$$k = \frac{E_s}{\rho \cdot I_0}. \tag{23}$$

Bestemmelse af Perioden. Som ovenfor betegnes Brændetiden ved T_1 og den Tid, i hvilken Buen er slukket, ved T_2, saaledes at Perioden T er bestemt ved $T = T_1 + T_2$.

Til Bestemmelse af T_2 haves

$$I_0 T_2 = (E_s + E_b - E_a)\, C = \left[\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} - \left(\frac{di}{dt}\right)_{t=T_1}\right] \cdot LC. \tag{24}$$

Her er

$$L \cdot \frac{di}{dt} = I_m \cdot L\,[\omega'_0 \cos(\omega'_0 t - \varphi) - \varkappa \cdot \sin(\omega'_0 t - \varphi)] \cdot e^{-\varkappa t}, \tag{25}$$

altsaa

$$E_s = L\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = I_m \cdot L(\omega'_0 \cos\varphi + \varkappa \sin\varphi),$$

og

$$E_a - E_b = L\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=T_1} = I_m \cdot L\left[\omega'_0 \cos(\omega'_0 T_1 - \varphi) - \varkappa \sin(\omega'_0 T_1 - \varphi)\right] \cdot e^{-\varkappa T_1}.$$

Det Tidspunkt T_1, til hvilken Buen slukkes, bestemmes ved

$$-I_0 = I_m \cdot e^{-\varkappa T_1} \cdot \sin(\omega'_0 T_1 - \varphi),$$

eller

$$\sin\varphi + e^{-\varkappa T_1} \sin(\omega'_0 T_1 - \varphi) = 0. \tag{26}$$

Af Udtrykkene for E_s og $E_a - E_b$ faas under Benyttelse af (26)

$$E_s - (E_a - E_b) = \omega'_0 L I_m [\cos\varphi - e^{-\varkappa T_1} \cdot \cos(\omega'_0 T_1 - \varphi)]. \tag{27}$$

Her kan man med god Tilnærmelse sætte $\omega'_0 = \omega_0$; af (24) og den sidste Ligning faas da

$$T_2 = \frac{1}{\omega_0 \cdot \sin\varphi} [\cos\varphi - e^{-\varkappa T_1} \cdot \cos(\omega_0 T_1 - \varphi)] \cdot$$

Forholdet f mellem Højfrekvensstrømmens Periode T og Buekredsens Periode τ_0 er følgelig bestemt ved:

$$f = \frac{T}{\tau_0} = \frac{T_1 + T_2}{\tau_0} = \frac{1}{2\pi}\left(\omega_0 T_1 + \cot\varphi - \frac{\cos(\omega_0 T_1 - \varphi)}{\sin\varphi} \cdot e^{-\varkappa T_1}\right) \cdot \tag{28}$$

Perioden T er her bestemt som Funktion af T_1; det er derfor nødvendigt at bestemme denne sidste Størrelse, hvilket maa ske ved at løse den transcendente Ligning (26). For at faa et Indtryk af med hvilken Nøjagtighed det er nødvendigt at løse denne Ligning, vil vi beregne Differentialkvotienten af T med Hensyn til T_1, altsaa

$$\frac{dT}{dT_1} = 1 + \frac{1}{\omega_0 \sin\varphi} [\varkappa \cdot \cos(\omega_0 T_1 - \varphi) + \omega_0 \sin(\omega_0 T_1 - \varphi)] \cdot e^{-\varkappa T_1}, \tag{29}$$

der ved Benyttelse af (26) kan reduceres til

$$\frac{dT}{dT_1} = \frac{\varkappa}{\omega_0} \cdot \frac{\cos(\omega_0 T_1 - \varphi)}{\sin\varphi} \cdot e^{-\varkappa T_1}; \tag{30}$$

her er den sidste Faktor $\leqq 1$, saaledes at

$$\frac{dT}{dT_1} \leqq \frac{\varkappa}{\omega_0} = \frac{\delta}{2\pi} = \frac{R}{2\rho}. \tag{31}$$

Der kræves derfor ikke nogen stor Nøjagtighed ved Bestemmelsen af T_1.

For $\varkappa = 0$ tilfredsstilles (26) af $\omega_0 T_1 = \pi + 2\varphi$; vi sætter derfor

$$\omega_0 T_1 = \pi + 2\varphi + \varepsilon, \tag{32}$$

hvorved Ligning (26) reduceres til

$$\cos\varepsilon + \sin\varepsilon \cdot \cot\varphi = e^{\frac{\varkappa}{\omega_0}(\pi + 2\varphi + \varepsilon)}. \tag{33}$$

I Almindelighed vil ε være lille, og i saa Fald reduceres (33) let til

$$\varepsilon = (\pi + 2\varphi) \cdot \frac{\varkappa}{\omega_0} \operatorname{tg} \varphi, \tag{34}$$

hvor 2' og højere Potenser af ε og $\frac{\varkappa}{\omega_0}$ er bortkastede. Ved Udledningen af (34) er det endvidere forudsat, at $\frac{\varkappa}{\omega_0} \operatorname{tg} \varphi << 1$; da $\operatorname{tg} \varphi$ kan antage meget store Værdier, maa denne Betingelse særlig undersøges. Man har

$$\frac{\varkappa}{\omega_0} \operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{2\rho} \cdot \frac{1}{k}.$$

Vi finder senere, at man overhovedet kun kan anvende B-Teorien, naar $k > \sqrt{6 \frac{R}{\rho}}$; indføres denne Værdi i ovenstaaende Udtryk, faas

$$\frac{\varkappa}{\omega_0} \operatorname{tg} \varphi \leq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{R}{6\rho}} = \frac{1}{6} \sqrt{\frac{\delta}{2}}. \tag{35}$$

Den ved (34) bestemte Værdi af ε giver derfor i Almindelighed en tilstrækkelig god Bestemmelse af T_1.

Ifølge (28) og (32) er:

$$\omega_0 T = \omega_0 T_1 + \omega_0 T_2 = \omega_0 T_1 + \cot \varphi + \frac{\cos(\varphi + \varepsilon)}{\sin \varphi} \cdot e^{-\varkappa T_1}. \tag{36}$$

Ved Hjælp af (32) og (34) faas af (36) følgende Tilnærmelsesformel for T:

$$\omega_0 T = \pi + 2\varphi + 2 \cot \varphi - (\pi + 2\varphi) \frac{\varkappa}{\omega_0} \cot \varphi,$$

og tilsvarende

$$f = \frac{T}{\tau_0} = \frac{1}{2} + \frac{\varphi}{\pi} + \frac{1}{\pi} \cot \varphi - \left(\frac{1}{2} + \frac{\varphi}{\pi}\right) \frac{\varkappa}{\omega_0} \cot \varphi. \tag{37}$$

Denne Formel kan ifølge (10) med Tilnærmelse skrives

$$f = f_0 - \frac{R}{2\rho} k, \tag{38}$$

saaledes at f i Praksis kun afviger meget lidt fra f_0.

Til Bestemmelse af $g = \frac{I}{I_0}$ faas efter nogle Mellemregninger følgende Tilnærmelsesformel:

$$g^2 = \frac{\frac{1}{\sin \varphi}\left(\frac{\pi}{2} + \varphi - \frac{1}{2} \sin 2\varphi + (\pi + 2\varphi) \frac{\varkappa}{\omega_0} \operatorname{tg} \varphi\right) + 2 \cot \varphi \left(1 - \frac{\varkappa}{2\omega_0} (\pi + 2\varphi) \frac{1}{\cos^2 \varphi}\right)}{\pi + 2\varphi + 2 \cot \varphi - \frac{\varkappa}{\omega_0} (\pi + 2\varphi) \cot \varphi}$$

$$= \frac{\frac{\pi}{2} + \varphi + \frac{1}{2} \sin 2\varphi}{2\pi f \sin^2 \varphi} = \frac{(1 + k^2)\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + \frac{1}{k}}{2\pi f}. \tag{39}$$

Dette Udtryk er ganske analogt med Formel (12), saaledes at g med tilstrækkelig Tilnærmelse kan bestemmes ved Hjælp af den i Fig. 11 viste Kurve. Tælleren i g^2 er nøjagtig samme Funktion af $\sin\varphi = \frac{I_0}{I_m}$, som Tælleren i g_0 (se (12)). Det samme gælder med stor Tilnærmelse om f. Følgelig har man for g den med (14) analoge Tilnærmelsesformel

$$g = \sqrt{\tfrac{1}{2}}\left(2 - \frac{I_0}{I_m}\right). \tag{40}$$

c. Parameteren k. I de foregaaende Udviklinger er der som Parameter indført Størrelsen k, om hvilken vi kun har forudsat, at den er lille, i hvert Fald mindre end 1. Naar Buekredsens Konstanter er givne, sætter imidlertid selve B-Teorien en lavere Grænse for k. Dette ses let saaledes: Betingelsen for, at man overhovedet kan anvende BARKHAUSEN's simple Teori, eller — udtrykt paa en lidt anden Maade — Betingelsen for, at man ifølge den nævnte Teori faar Svingninger af 2' Orden. er, at Buestrømmen falder til Nul, altsaa at den første Minimumsværdi af Buestrømmen $I_{1\min} \leqq 0$. Med tilstrækkelig Tilnærmelse kan man sætte

$$I_{1\min} = I_0 + I_m \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin(\omega_0 t - \varphi), \tag{41}$$

hvor $\omega_0 t$ gives Værdien $\varphi + \frac{3}{2}\pi$, der indsat i (41) giver

$$I_{1\min} = I_0 - I_0\sqrt{1+k^2} \cdot e^{-\frac{R}{2\rho}\left(\frac{3}{2}\pi+\varphi\right)}. \tag{41$_1$}$$

Af Betingelsen $I_{1\min} \leqq 0$ faas derefter

$$1 + k^2 \geqq e^{\frac{R}{\rho}\left(\frac{3}{2}\pi+\varphi\right)}. \tag{42}$$

Da Eksponenten her altid er en lille Størrelse, reduceres dette Udtryk til

$$k \geqq \sqrt{\left(\frac{3}{2}\pi + \varphi\right)\frac{R}{\rho}}. \tag{42$_1$}$$

Betingelsen for, at man overhovedet kan anvende den simple Karakteristik, er derfor, med en for Øjemedet tilstrækkelig Nøjagtighed, at

$$k > \sqrt{6\frac{R}{\rho}}. \tag{43}$$

Heraf følger atter, at Tændspændingen E_s skal tilfredsstille følgende Relation

$$E_s \geqq I_0\left(\sqrt{6\rho R} + \frac{1}{2}R\right). \tag{44}$$

De i denne Paragraf udledede Konsekvenser af B-Teorien har alle været af ren formel Natur; vi skal nu gaa over til at undersøge, hvorvidt de nævnte Konsekvenser, for Poulsen-Buens Vedkommende, stemmer overens med Erfaringen.

4. Sammenligning af Konsekvenserne af B-Teorien med Erfaringen. Vi fandt ovenfor, at Parametren k ifølge (43) skal være større end $\sqrt{6\frac{R}{\rho}}$. Sættes her f. Eks. $R = 5$ Ohm og $\rho = 60$ Ohm, faas $k > 0{,}71$, hvortil ifølge Fig. 11 svarer $g > 0{,}83$, medens g i Virkeligheden for Poulsen-Buen meget nær har Værdien $\sqrt{\frac{1}{2}}$. Da saaledes selve Anvendeligheden af B-Teorien sætter en Minimumsgrænse for g, der er langt højere end den iagttagne Værdi, er denne Teori ikke i Overensstemmelse med Forsøgene. Uoverensstemmelsen kan ikke forklares ved Iagttagelsesfejl, idet der til den eksperimentalt fundne Værdi af g ifølge B-Teorien svarer ganske smaa Værdier af k, i hvert Fald ikke over $0{,}15$; for større Værdier af k fjærner g sig efter Teorien ret stærkt fra Værdien $\sqrt{\frac{1}{2}}$.

B-Teorien kræver tillige, at Tændspændingen mindst antager den ved Ligning (44) bestemte Værdi; men maales den maksimale Spænding ved en med Buen parallel Gnistmikrometer — indskudt i Serie med en lille Kondensator for at hindre Kortslutning — viser det sig, at man finder langt lavere Værdier. Eks.: For $I_0 = 20$ Amp., $R = 3$ Ohm og $\rho = 400$ Ohm, hvortil ifølge (44) svarer $E_s = 1730$ Volt, begyndte Gnister at slaa regelmæssig over ved en Gnistlængde paa 0,01 mm. (Gnistbanen var udsat for Bestraaling af ultraviolet Lys fra en Bue). Den maksimale Spænding ligger derfor i Nærheden af den kritiske, 380 Volt. Den normale Tændspænding af Buen ligger saaledes langt lavere end de nævnte 1730 Volt; dette bekræftes ogsaa ved de senere foretagne Optagelser med Katodelysrør.

Dette gælder for den normale Poulsen-Bue med normal Elektrodeafstand, der ifølge 2 *a*. er meget nær lig med den minimale. Forøges Elektrodeafstanden saa meget som muligt, stiger Gnistlængden under de nævnte Forhold indtil 0,14 mm, svarende til en Tændspænding paa omkring 1100 Volt, altsaa betydelig nærmere ved den af B-Teorien krævede. Vi skal senere se, at Forholdene for unormal stor Elektrodeafstand i det hele taget er i ret god Overensstemmelse med B-Teorien.

5 a. Diskussion af Grundene til, at B-Teorien ikke finder Anvendelse paa Poulsen-Buen. Det foregaaende viser, at B-Teorien ikke giver nogen god Fremstilling af Forholdene i den normale Poulsen-Bue. Paa den anden Side kan det ikke ret vel betvivles, at to af den i Fig. 7 viste Karakteristiks mest udprægede Ejendommeligheder, nemlig den forholdsvis høje Tændspænding og den ret lave Brændespænding, saa nogenlunde svarer til de virkelige Forhold. Derimod er der en tredje Ejendommelighed ved Buefænomenet, som slet ikke kommer til sin Ret i Barkhausens Karakteristik, nemlig „Slukkespændingen", altsaa den højere Spænding paa Buen, der forefindes kort Tid før denne slukkes. I den nævnte Karakteristik indgaar ikke nogen særlig Slukkespænding, men den lave Brændespænding forudsættes at vedvare, lige indtil Buen slukkes. Det er velkendt, at dette ikke altid er Tilfældet, idet Slukkespændingen hyppig er betydelig højere end Brændespændingen. Dette fremgaar saaledes meget klart af A. Blondels foran nævnte Arbejde[12]). Naar Barkhausen

alligevel har undladt at tage Hensyn til Slukkespændingen ved Opstillingen af den ideale Karakteristik, skyldes dette utvivlsomt Ønsket om at gøre denne saa simpel som muligt. Paa den anden Side har en saadan ideal Karakteristik kun Betydning, forsaavidt de Konsekvenser, man drager af den, i Hovedsagen er i Overensstemmelse med de virkelige Forhold. Vi har for Poulsen-Buens Vedkommende vist, at dette ikke er Tilfældet, og det vil fremgaa af det efterfølgende, at Grunden hertil netop er, at Slukkespændingen for Poulsen-Buens Vedkommende spiller en afgørende Rolle. Vi vil ligeledes faa Lejlighed til at se, at BARKHAUSENS Karakteristik under visse Omstændigheder gengiver de virkelige Forhold med god Tilnærmelse, og disse Omstændigheder forefindes hyppig ved de i Laboratoriet anstillede Forsøg, men derimod ikke hos den normale Poulsen-Bue.

b. Forholdene ved Buens Slukning. „Slukkespænding". Vi skal derfor gaa over til at betragte Forholdene umiddelbart før Buens Slukning lidt nærmere. I Fig. 13 fremstiller Kurven *abcde* Strømmen gennem Buen under Forudsætning af, at Buen tændes i Punktet a og derefter brænder under den konstante Brændespænding E_b. Strømkurvens Ligning er da

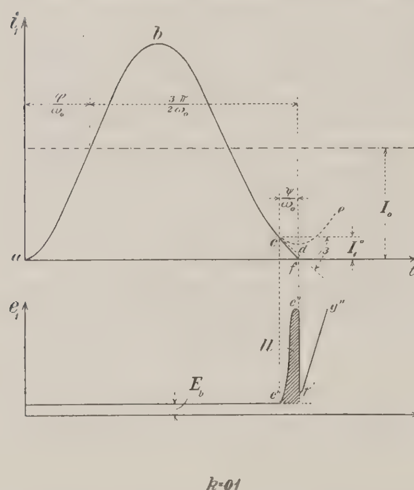


Fig. 13. Skematisk Fremstilling af Forholdene ved Buens Slukning.

$$i_1 = I_0 + I_m e^{-\varkappa t} \sin(\omega_0 t - \varphi). \tag{45}$$

I dette Tilfælde, hvor Buestrømmen ikke gaar helt ned til Nul, vilde efter B-Teorien Strømkurven fortsættes ud over Punktet d som en dæmpet, harmonisk Svingning, der efterhaanden dør ud, saaledes at Buestrømmen er nogenlunde konstant, indtil Magnetfeltet slukker Buen og en ny svingende Udladning finder Sted. Det er Betingelserne for dette Tilfældes Indtræden, vi har behandlet foran i 3 c.

I Virkeligheden ligger Forholdene dog noget anderledes. Naar Buestrømmen er falden til en vis, ret lav Værdi I_1^0, hvilket i Fig. 13 er forudsat at ske i Punktet c, vil Buespændingen begynde at stige kendelig. Følgen heraf er, at Strømmen falder hurtigere, end Kurven cd angiver, og — i hvert Fald til en vis Grad — jo mindre Strømmen bliver, desto højere stiger Buespændingen og desto stejlere falder Strømkurven. Forsaavidt den ved (45) bestemte Strøm derfor overhovedet falder ned til Værdien I_1^0, ved hvilken Slukkespændingen begynder at gøre sig kraftig gældende, vil Resultatet derfor almindeligvis være, at Buen slukkes. Vi vil nu udlede Betingelsen for, at den ved (45) bestemte Buestrøm falder ned til Værdien $I_1^0 = aI_0$ eller derunder, hvor $a << 1$. Betingelsen herfor er, at

$$1 - \sqrt{1 + k^2} \cdot e^{-\frac{R}{2\rho}\left(\frac{3}{2}\pi + \varphi\right)} \leq a,$$

eller

$$(1-a)^2 \cdot e^{\frac{R}{\rho}\left(\frac{3}{2}\pi+\varphi\right)} \leqq 1+k^2. \tag{46}$$

For den normale Poulsen-Bue vil a altid være en forholdsvis lille Størrelse, og som sædvanlig er $R <\!< \rho$. Af (46) kan derfor udledes følgende Tilnærmelsesformel:

$$\frac{R}{\rho}\left(\frac{3}{2}\pi+\varphi\right) \leqq 2a+k^2. \tag{47}$$

Her er φ lidt mindre end $\frac{\pi}{2}$, medens k^2 som Regel er betydelig mindre end $2a$, Ligning (47) kan derfor med en for det foreliggende Øjemed tilstrækkelig Nøjagtighed erstattes af

$$3\frac{R}{\rho} \leqq a \quad \text{eller} \quad I_1^0 \geqq 3 I_0 \frac{R}{\rho}. \tag{48}$$

Ifølge (48) skal Slukkespændingen nødvendigvis begynde at gøre sig gældende, naar Buestrømmen er falden til en Værdi, der er større end, eller i det mindste lig med $3 I_0 \frac{R}{\rho}$. Kun i saa Fald slukkes Buen een Gang for hver Periode, og kun da faar man regelmæssige kontinuerlige Højfrekvensstrømme.

c. Slukkespændingens Integralværdi. Dennes Minimumsværdi. Nok saa vigtigt er det imidlertid at undersøge, hvor stor Slukkespændingens Integralværdi i det mindste skal være for at slukke Buen, idet vi ved Integralværdien forstaar $U = \int (e_1 - E_2) \cdot dt$, hvor Integralet udstrækkes over den Tid, Slukningen varer. Her møder vi imidlertid den Vanskelighed, at Loven, hvorefter Slukkespændingen varierer, ikke er kendt; dens Bestemmelse frembyder store eksperimentale Vanskeligheder og kan ikke tages op ved denne Lejlighed. Da det imidlertid i første Linie kun gælder om at komme til en kvalitativ Forstaaelse af Forholdene, vil vi gaa den Vej, at vi bestemmer den mindste Værdi, U kan antage under de givne Omstændigheder. I dette Øjemed vil vi begynde med at bestemme den Vinkel β, som Tangenten i Punktet c danner med Abscisseaksen. Med de i Fig. 13 benyttede Betegnelser, og idet $\omega_0 t = \frac{3}{2}\pi + \varphi - \psi$, har man

$$\operatorname{tg}\beta = \left(\frac{di_1}{dt}\right)_{\omega_0 t = \frac{3}{2}\pi+\varphi-\psi} = -\omega_0 I_0 \sqrt{1+k^2}\left(\sin\psi - \frac{R}{2\rho}\cos\psi\right) \cdot e^{-\frac{R}{2\rho}\left(\frac{3}{2}\pi+\varphi-\psi\right)}. \tag{49}$$

I Punktet c er Buestrømmens Værdi I_1^0 bestemt ved

$$I_1^0 = I_0\left(1 - \sqrt{1+k^2} \cdot \cos\psi \cdot e^{-\frac{R}{2\rho}\left(\frac{3}{2}\pi+\varphi-\psi\right)}\right). \tag{50}$$

Vi gaar derefter over til en nærmere Betragtning af Forholdene ved Slukningen. I Punktet c (Fig. 14), hvor Buestrømmen har Værdien I_1^0, aftager Strømmen med Hastigheden

$$\frac{di_1}{dt} = \operatorname{tg}\beta.$$

Mellem Buespænding og Kondensatorspænding haves i Overensstemmelse med (4) følgende Relation

$$e_1 = e - L\frac{di_1}{dt}, \tag{51}$$

idet vi ser bort fra det af Modstanden i Buekredsen bevirkede Spændingsfald, der kun spiller en ganske underordnet Rolle.

Fig. 14. Skematisk Fremstilling af Strømforløbet ved Buens Slukning.

Da Bueslukningen lige netop begynder i Punktet c, har man (Fig. 14)

$$(e_1)_{t=0} = E_b = (e)_{t=0} - L\operatorname{tg}\beta. \tag{52}$$

Vi forudsætter nu for Simpelheds Skyld, at $a = \frac{I_1^0}{I_0}$ er en saa lille Størrelse, at vi med tilstrækkelig Tilnærmelse under hele Forløbet af Slukningen kan betragte Kondensatorens Ladestrøm som konstant lig med $-I_0$. Denne Forudsætning vil ved den normale Poulsen-Bue være opfyldt med ret stor Tilnærmelse. Kondensatorens Spænding under Slukningen er da bestemt ved

$$e = (e)_{t=0} + \frac{I_0}{C}\cdot t. \tag{53}$$

Følgelig er

$$e_1 - E_b = \frac{I_0}{C}t - L\left(\frac{di_1}{dt} - \operatorname{tg}\beta\right), \tag{54}$$

og

$$U = \int_0^{t_1^0}(e_1 - E_b)\cdot dt = \frac{1}{2}\frac{I_0}{C}\cdot t_1^{0\,2} + L\operatorname{tg}\beta\cdot t_1^0 + LI_1^0, \tag{55}$$

hvor t_1^0 er den Tid, Slukningen varer. Af (55) ses, at U kun afhænger af Tilstanden ved Slukningens Begyndelse, af Slukningstidens Længde og saa, selvfølgelig, af Buekredsens Konstanter, medens U derimod er uafhængig af selve Slukningens Forløb.

U bliver saa lille som mulig for

$$t_1^0 = -\frac{1}{\omega_0^2 I_0}\cdot\operatorname{tg}\beta, \tag{56}$$

og

$$U_{\min} = LI_1^0 - \frac{1}{2}\frac{L\operatorname{tg}^2\beta}{\omega_0^2 I_0}. \tag{57}$$

Indføres heri de ved (49) og (50) givne Udtryk for $\operatorname{tg}\beta$ og I_1^0, og gaar man ud fra følgende i Praksis opfyldte Forudsætninger, 1) $k^2 << 1$, 2) ψ er en saa lille Størrelse, at man med tilstrækkelig Tilnærmelse kan sætte $\sin\psi = \psi$, og $\cos\psi = 1 - \frac{\psi^2}{2}$, 3) $\psi >> \frac{R}{2\rho}$, faas følgende simple Tilnærmelsesformel

$$U_{\min} = \frac{1}{\omega_0} \cdot I_0 R \left(\frac{3}{4}\pi + \frac{\varphi}{2}\right), \tag{58}$$

eller, da φ er lidt mindre end $\frac{\pi}{2}$, med tilstrækkelig Tilnærmelse

$$U_{\min} = \frac{3}{\omega_0} I_0 R. \tag{59}$$

Samtidig faas af (56) følgende Tilnærmelsesværdi

$$t_1^0 = \frac{\psi}{\omega_0}. \tag{60}$$

Den til $U_{\min}$ svarende gennemsnitlige Spændingsforhøjelse P under Slukningen er bestemt ved

$$P = \frac{U_{\min}}{t_1^0} = \frac{3}{\psi} \cdot I_0 R. \tag{61}$$

6. Skitsemæssig Fremstilling af Poulsen-Buens Virkemaade. A-Teorien. Vi skal derefter gaa over til en lidt nærmere Omtale af Forholdene ved Tændingen; men førend dette sker, maa vi et Øjeblik betragte Magnetfeltets Indvirkning paa Buefænomenet, og i det hele taget give en skitsemæssig Fremstilling af Poulsen-Buens Virkemaade.

Det magnetiske Felt bevirker, at Buen drives udad, desto stærkere, jo stærkere Feltet er. Det er ikke alene Buen selv, men ogsaa dens Fodpunkter (Kratere), der bevæges udad af Feltet, et Forhold, som vi senere kommer udførlig ind paa. Denne Uddrivning — Udblæsning — af Buen bidrager i høj Grad til en hurtig Afionisering af denne.

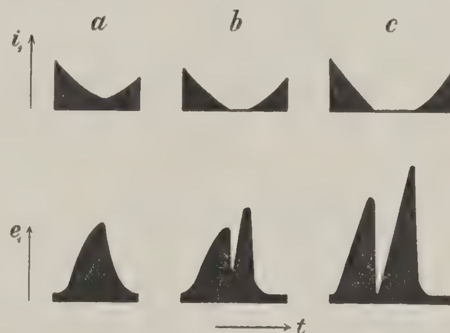


Fig. 15. Skematisk Fremstilling af Magnetfeltets Indflydelse paa Buens Slukning og Tænding for forskellig Feltintensitet.

Er Feltet forholdsvis svagt, faar man det i Fig. 15*a* skitserede Tilfælde, hvor Buen ikke slukkes helt, idet Buespændingen, der stiger forholdsvis hurtig paa Grund af Kondensatorspændingens hurtige Stigning, atter bevirker en forøget Strøm gennem Buen, uden at denne har været helt slukket. Man faar paa denne Maade Svingninger af 1ste Art, men nærmende sig stærkt til saadanne af 2den Art. Som vi senere skal se, er denne Tilstand dog ret instabil.

Med noget stærkere Felt faar man det i Fig. 15*b* skitserede Tilfælde, hvor Buen virkelig slukkes, men forholdsvis langsomt, saaledes at Buespændingen ved Slukningen kun falder forholdsvis lidt under Slukkespændingens Maksimalværdi. Medens Buen er slukket, stiger Buespændingen med samme Hurtighed som Kondensatorspændingen, og naar Buespændingen har naaet en vis Højde, tændes Buen atter. Ved smaa Elektrodeafstande — og, som vi senere skal se, er det netop saadanne, man her arbejder med — behøver den maksimale Tændspænding ikke at være væsentlig højere end den maksimale Slukkespænding. Afioniseringen er ganske vist bedre ved Tændingen end

ved Slukningen, men til Gengæld kan Buen tænde sig med kortere Længde, end den havde ved Slukningen, da Tændingen kan foregaa mellem Elektroderandene, medens Slukningen foregaar noget inde paa Elektroderne, idet Buen af Magnetfeltet drives fra Tændstillingen til Slukkestillingen. Gøres Feltet endnu stærkere, faas det i Fig. 15 *c* viste Tilfælde; her slukkes Buen saa hurtig, at Buespændingen ved Overgangen til den strømløse Tilstand falder ret langt ned for atter at vokse op med samme Hurtighed som Kondensatorspændingen — indtil Tændspændingen naas*). Paa Grund af den lidt længere Tid, der hengaar mellem Slukning og Tænding, vil Tændspændingen her være noget højere end Slukkespændingen, men dog ikke væsentlig højere, naar Elektrodeafstanden er kort. Derimod bevirker det stærkere Felt en udpræget Tvedeling af Spændingskurven, der saaledes faar to Toppe, hvoraf den sidste er lidt, men ogsaa kun lidt, højere end den første.

Den her fremsatte Opfattelse afviger, som det ses, ret stærkt fra B-Teorien, altsaa fra den paa Barkhausens Karakteristik baserede, for Tiden raadende Teori. Denne fæster udelukkende Opmærksomheden paa Tændspændingen og de Forhold, der staar i Forbindelse med denne. En høj Tændspænding er derefter nødvendig for at faa en effektiv Buegenerator, og de af Poulsen angivne Midler til at forøge Duddellbuens Effektivitet søges netop forklarede ud fra det Synspunkt, at de tjener til at forhøje Tændspændingen. For denne Teori spiller Slukkespændingen ingen som helst Rolle.

For den her fremsatte Opfattelse, som vi kort vil kalde A-Teorien, stiller Sagen sig paa det nærmeste omvendt; her kræves, at Buen skal være i Stand til at udvikle den fornødne Slukkespænding, medens Tændspændingen bør være saa lille som mulig og kun i ringe Grad overstige Slukkespændingen.

Vi har i det foregaaende paavist, at Konsekvenserne af B-Teorien for Poulsen-Buens Vedkommende ikke stemmer med Erfaringen; vi vil nu gaa over til at undersøge, hvorledes det i saa Henseende forholder sig med A-Teorien.

7. Eksperimentel Prøvelse af A-Teorien. a. Buespændingens Forløb. Den mest direkte Maade at undersøge Rigtigheden af de her fremsatte Anskuelser paa er at optage Buens Spændingskurve, medens den virker som Generator for kontinuerlige højfrekvente Strømme. Ud fra de i Indledningen fremdragne Synspunkter har jeg til denne Undersøgelse ikke ment at turde benytte den af Hausrath angivne Metode med Brauns Rør. Tilbage staar formentlig da kun Anvendelsen af Gehrckes Katodelys-Oscillograf[25]). Denne Metode har den Fordel, at den giver en direkte, oscillografisk Fremstilling af Spændingsforløbet og ikke, som den ovenfor nævnte, et „Middelforløb“ af flere Millioner Perioder. En Mangel ved Metoden er den

*) Det pludselige Fald i Buespænding er lig med den ved Slukningen indtrædende, pludselige Variation i $L\frac{di}{dt}$.

ringe Lysintensitet, der staar til Raadighed, naar Registreringshastigheden er stor, en Vanskelighed, der er særlig stor for Tiden, da de følsomste fotografiske Plader ikke er i Handelen. En anden Vanskelighed ved Anvendelsen af Gehrckes Katodelysrør er den, at selv de maksimale Spændinger paa Buen, der normalt fremkommer ved de her benyttede Opstillinger, er for lave til at faa Røret til at lyse. Denne Vanskelighed kan man dog komme over ved at polarisere Røret med en tilstrækkelig høj, konstant Spænding. Opstillingen er vist i Fig. 16, hvor *G* betegner Gehrckes Rør, *FP* den fotografiske Plade, *HS* det hurtig roterende Spejl. I Serie med Røret og Buen er indskudt et Batteri paa 500 Volt, og for at hindre, at der kommer nogen videre Jævnstrøm gennem Røret — hvorved dette bliver „trægt" — er der i Serie dermed indskudt en meget stor Glødelampemodstand LB_1 og en mindre Modstand LB_2. Rørets Tændspænding ligger omkring 6 à 700 Volt, og da Buens Brændespænding i Almindelighed ligger i Nærheden af 50 Volt eller endog betydelig lavere, vil Røret kun lyse i de Tidsrum, hvor Buespændingen er en Del højere end Brændespændingen. For paa den anden Side at faa de „Lysglimt", der kommer, saa udprægede som muligt, var den store Modstand LB_1 shuntet med en Kondensator C', hvis Kapacitet var 25000 cm. En Overslagsregning viser, at Kondensatoren C' overfor de hurtige Spændingsstød, det her drejer sig om, praktisk talt virker som en Kortslutning af Modstanden LB_1.

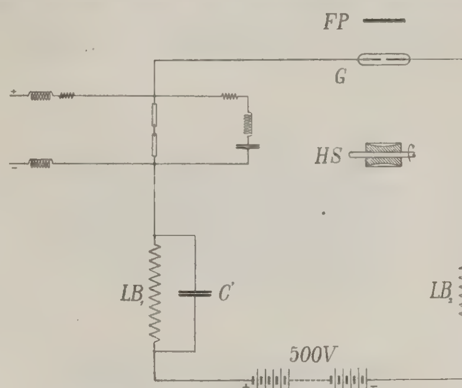


Fig. 16. Diagram for Anvendelsen af Gehrckes Katodelys-Oscillograf.

I Fig. 17 (Side 256) er vist Gengivelser af en Del af de saaledes optagne Oscillogrammer, *a*, *c* og *d* viser det normale Udseende af disse Oscillogrammer, der, som man ser, ganske svarer til de i Fig. 15 *c* viste Spændingskurver og i det hele taget er i god Overensstemmelse med A-Teorien. Gøres Feltet noget svagere, faas Optagelser som den i Fig. 17 *e* viste, der har samme Karakter som Fig. 15 *a*. Denne oscillografiske Undersøgelse viser paa utvetydig Maade, at der for den normale Poulsen-Bue kun er ringe Forskel paa Slukkespænding og Tændspænding, og har saaledes fuldstændig bekræftet den her fremsatte Opfattelse.

b. Forklaring af de eksperimentalt fundne Værdier af Forholdet φ og Tændspændingen E_s. Vi vil nu gaa over til at betragte de ovenfor fremhævede Punkter, paa hvilke B-Teorien kom til kort, for at se, om A-Teorien stemmer bedre overens med de ved Forsøgene fundne Resultater. Vi vil i den Anledning først danne os et Skøn over Størrelsen af de maksimale Buespændinger, som A-Teorien kræver. Ifølge (61) er den gennemsnitlige Slukkespænding bestemt ved

$$P = \frac{3}{\varphi} I_0 R.$$

Vi vil her og i det følgende gaa ud fra, at Vinklen ψ ikke varierer meget fra det ene Tilfælde til det andet, en Antagelse, der bekræftes ved en nærmere Undersøgelse af de optagne Oscillogrammer. Hvad selve Værdien af ψ angaar, da kan den ikke bestemmes med nogen større Nøjagtighed af det foreliggende Materiale, men rent skønsmæssig er den fastsat til 0,6, saaledes at (61) derved reduceres til

$$P = 5 I_0 R. \tag{62}$$

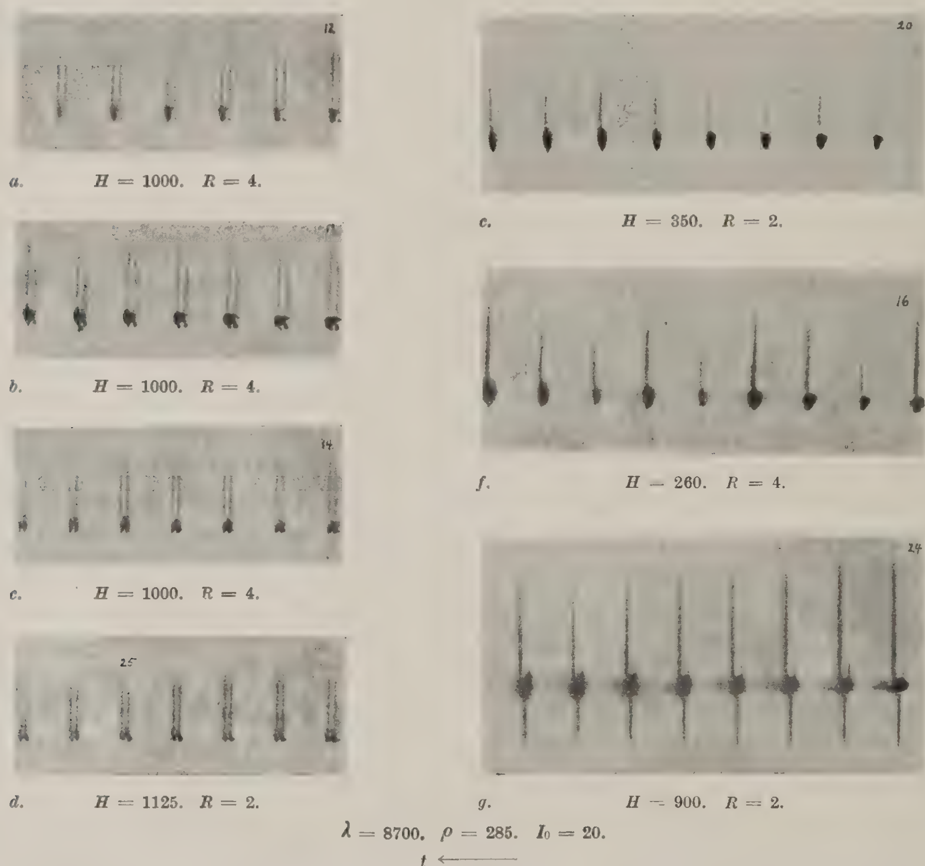


Fig. 17. **Oscillogrammer af Buespændingen optagne med Gehrckes Katodelys-Oscillograf.**

For det under 4. nævnte Eksempel, hvor $I_0 = 20$ Amp. og $R = 3$ Ohm, bliver derfor $P = 300$ Volt. Nu er den maksimale Slukkespænding en Del højere end den gennemsnitlige, og Tændspændingen noget højere end Slukkespændingen, saa alt i alt maatte man vente, at den maksimale Tændspænding vilde blive noget højere, end den i 4. fundne Værdi 380 Volt, men Uoverensstemmelserne er i hvert Fald ringere end ved B-Teorien. Naar hertil kommer, at de maksimale Spændinger er meget kortvarige, hvorved Gnistmikrometrets Angivelser erfaringsmæssig bliver for smaa, selv naar Gnistbanen bestraales af ultraviolet Lys, saa maa Overensstemmel-

sen for den nye Teoris Vedkommende siges at være saa god, som det paa Forhaand var at vente. En Bestemmelse af de maksimale Buespændinger paa Grundlag af Oscillogrammer førte heller ikke til noget sikkert Resultat, men gav Værdier omkring 300 til 500 Volt. En fuldstændig Klarlæggelse af disse Forhold kan først ventes efter en mere indgaaende eksperimental og teoretisk Undersøgelse af Forholdene ved Buens Slukning og Tænding. Kun saa meget kan allerede nu siges, at A-Teorien i Hovedsagen er i Overensstemmelse med Erfaringen paa dette Punkt.

Det næste Spørgsmaal angaar Værdien af g, der ifølge B-Teorien bliver for høj, idet denne Teori kræver, at Parametren k er større end den ved (43) bestemte Minimumsværdi. Dette hænger igen sammen med den høje Tændspænding i B-Teorien, idet k og E_s ifølge (23) er proportionale. Ifølge A-Teorien er Tændspændingen forholdsvis lille, og selv om Værdien af g under disse her betragtede Forhold ikke afhænger ganske paa samme Maade af den ved (23) bestemte Værdi af k, som i B-Teorien, saa er det paa den anden Side indlysende, at den ringe Værdi af Tændspændingen betinger en langsom Stigning af Buestrømmen umiddelbart efter Tændingen, saaledes at Strømkurven i det væsentlige kommer til at bestaa af en Sinuskurve, der til at begynde med skærer Aksen under en meget lille Vinkel. Som Følge deraf vil Værdien af g ligge i Nærheden af $\sqrt{\frac{1}{2}}$. Den eksakte, teoretiske Værdi kan kun gives under bestemte Forudsætninger om Forløbet af Slukning og Tænding, men det er i hvert Fald sikkert, at den maa ligge meget nær ved den eksperimentalt fundne, 0,71. A-Teorien er saaledes ogsaa paa dette Punkt i Overensstemmelse med Erfaringen og giver en naturlig Forklaring paa den erfaringsmæssig fundne Værdi af g.

8. **Elektrodeafstandens Indflydelse paa Bue-Generatorens Virkemaade.** Som fremhævet i 2 *a*. er Elektrodeafstanden forholdsvis lille i den normale Poulsen-Bue og ikke meget forskellig fra den kritiske. Vi vil nu gaa over til at betragte Virkningen af en Forøgelse af Elektrodeafstanden, medens Feltintensitet og Fødestrøm holdes konstant, den sidste ved Udskydelse af Forlagsmodstand. Efterhaanden som Elektrodeafstanden bliver større og større, vil den procentvise Forskel i Buelængden ved Slukning og Tænding bliver mindre og mindre og følgelig Tændspændingen forholdsvis højere og højere. Fig. 17 *b* viser Resultatet af en lille Forøgelse af Elektrodeafstanden ud over den normale — c. 1,5 Gange saa stor. Ved Sammenligning med Fig. *a* og *c* (der begge har normal Buelængde og iøvrigt er optagne under de samme Forhold umiddelbart før og efter *b*) ses, at Tændspændingen allerede har antaget en noget højere Værdi. Denne højere Tændspænding betinger atter en hurtigere Stigning af Strømmen ved Tændingen, og ligeledes et stejlere Fald af Strømmen ved Slukningen. Dette sidste Forhold bevirker en Formindskelse af Slukkespændingen og et stærkt Fald i Buespændingen i Slukningsøjeblikket (Fig. 13 og 14). Følgen bliver, at Buespændingen umiddelbart efter Slukningen bliver negativ. Disse Forhold er søgt anskueliggjorte ved Hjælp af den skematiske

Fig. 18. Her viser *a* Strøm- og Spændingskurve for den normale Poulsen-Bue med normal Elektrodeafstand, medens *b* giver Forløbet af Strøm og Spænding, naar Elektrodeafstanden er gjort en Del større end den normale. Slukkespændingen er her betydelig mindre end ved *a*, og der er straks efter Slukningen en ret stor negativ Buespænding. Denne negative Buespænding vil virke afioniserende paa Buen og følgelig give en forhøjet Tændspænding. Forøges Elektrodeafstanden yderligere, vil disse Forhold blive endnu mere udprægede, saaledes som antydet i Fig. 18 *c*. Forholdene stemmer her ganske overens med B-Teorien. At dette virkelig i Hovedsagen forholder sig saaledes, fremgaar af Fig. 17 *d* og *g*, der er optagne under ganske analoge Forhold*), kun at Elektrodeafstanden i *g* er ca. 4 mm, medens den i *d* er den normale, nemlig ca. 1 mm. Man ser, at Spændingsoscillogrammet i Fig. *g* ganske svarer til det, man efter B-Teorien maatte vente. Samtidig med Elektrodeafstanden stiger Fødespændingen, i det nævnte Tilfælde fra 85 til 160 Volt. For samme Fødestrøm er Højfrekvensstrømmen i Overensstemmelse med B-Teorien lidt større i sidste Tilfælde end for den normale Elektrodeafstand $\left(g > \sqrt{\frac{1}{2}}\right)$; men Nyttegraden er tiltrods herfor paa Grund af den høje Fødespænding betydelig lavere end den normale. At Nyttegraden er lavere for den store Elektrodeafstand, er blandt andet en Konsekvens af den med den forøgede Buelængde følgende højere Værdi af Brændespændingen. Ogsaa paa anden Maade er den store Elektrodeafstand uheldig, idet Buen bliver tilbøjelig til at gaa ud — sammenlign f. Eks. Barkhausens Stabilitetsbetragtninger med Hensyn til Buetændingen Side 87 o. flg. i det under 8 a opførte Arbejde. Den stærkt forøgede Spændingsvariation mellem Suknings- og Tændingsøjeblikket bevirker ogsaa en tilsvarende Forøgelse af „Ladetiden“ og en tilsvarende stor „Frekvenssensibilitet“ hos Generatoren. Endelig er, teknisk set, de høje Buespændinger i og for sig en Gene. Det er saaledes fuldtud forklarligt, at man ved Poulsen-Buen arbejder med den mindst mulige Elektrodeafstand, og det er ligeledes forstaaeligt, hvorfor saa mange af de anstillede Laboratorieundersøgelser, der, mer eller mindre be-

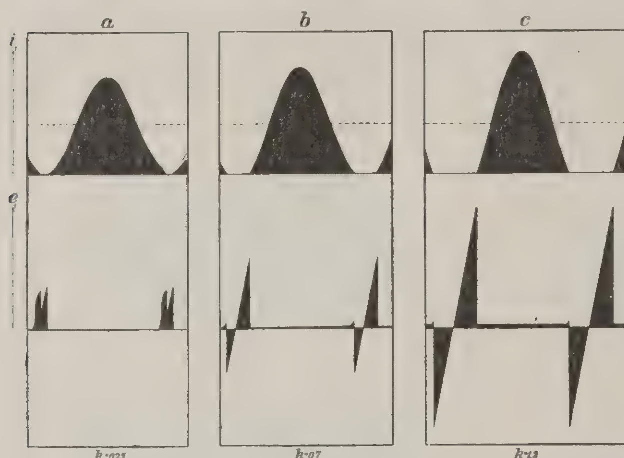


Fig. 18. Skematisk Fremstilling af Strøm- og Spændingsforløbet for Bue-Generatorer med forskellig Elektrodeafstand.

*) Det til *g* nøjagtig svarende Spændingsoscillogram med normal Buelængde blev ogsaa optaget, men var for lyssvagt til Reproduktion. Det havde ganske samme Karakter som *a*, *c* og *d*. (I Fig. 17 vokser Tiden fra højre til venstre, i Fig. 18 omvendt).

vidst, er udførte i Tilknytning til B-Teorien, har givet Resultater, der kun har ringe Tilknytning til de praktiske Forhold.

Formindsker man derimod Elektrodeafstanden, efter at Buen har været normalt indstillet, idet Forholdene iøvrigt holdes konstante, saa vil Gentændelsen ved Elektrodernes Rand lettere og lettere finde Sted, efterhaanden som Elektrodeafstanden bliver mindre. Man naar derfor snart en Tilstand, i hvilken Buen i Stedet for at gaa ud passeres af en ret stor Minimumsstrøm; naar denne Tilstand er naaet, vil Forholdene af sig selv hurtig udvikle sig saaledes, at Buestrømmen bliver konstant. Dette stemmer fuldstændig overens med det i 2a. nævnte Forhold, nemlig, at Buen kræver en vis Minimumslængde for at være aktiv.

9. Magnetfeltets Indflydelse paa Bue-Generatorens Virkemaade. a. Buefotografier. For at komme til Klarhed angaaende Magnetfeltets Virkemaade er der anstillet en Række Forsøg og navnlig ogsaa optaget en Mængde Fotografier af Buer og disses Kratere ved Hjælp af den i Fig. 6 antydede Opstilling, for hvilken der er nærmere gjort Rede foran paa Side 237. Billederne falder i 3 Grupper: 1. stationære Kraterbilleder tagne fra oven gennem Glimmervinduet g_1, Linsen B_1 og fra Spejlet Sp_1, reflekteret hen paa Pladen FP_1; 2. Krateroscillogrammer, ligeledes tagne fra oven, hvor Lysstraalerne, inden de falder paa den fotografiske Plade FP_3, først træffer det hurtig roterende Spejl Sp_2; 3. Profilbilleder af Buen tagne gennem Glimmervinduet g_2 og Linsen B_2 paa Pladen FP_2. I alle Tilfælde brugtes Lukkere (L_1 og L_2) med en Eksponeringstid af ca. 0,01 Sekund. Særlig de under 2. og 3. nævnte Optagelser har i høj Grad bidraget til at klare Buens Opførsel i et magnetisk Felt under forskellige Forhold.

b. Normale Krateroscillogrammer. Er Buegeneratoren indstillet paa normal Maade, det vil sige med den efter Forholdene heldigste Elektrodeafstand og med det fordelagtigste Magnetfelt — eller et Felt, der ikke er alt for meget stærkere end dette — faas Krateroscillogrammer af den paa Tavle I Fig. *a*—*d* og Tavle IV, Fig. *a*, viste Type. Fig. a_1 paa Tavle IV viser det til Fig. *a* svarende Profilbillede af Buen optaget samtidig med Fig. *a*. (Ved Kopieringen af alle Krateroscillogrammer er Billedet af det negative „Krater“, — hvis Lysintensitet er langt højere end det positive „Kraters“, — eksponeret noget længere end Billedet af det positive Krater. Betegnelsen „Krater“ er brugt om Buens Fodpunkter paa begge Elektroder til Trods for, at der, i hvert Fald paa den positive Elektrode, ikke findes noget egentligt Krater). Tavle I Fig. *c* og *d* er forskellig eksponerede Kopier af samme Flade, der hver for sig fremhæver visse Ejendommeligheder ved det tilsvarende Oscillogram. De nødvendige Oplysninger om Oscillogrammerne og de Forhold, under hvilke de er optagne, findes iøvrigt paa selve Tavlerne; saaledes viser smaa Skitser den positive og negative Elektrodes Beliggenhed; Pile, mærket *t*, den Retning paa Oscillogrammet, i hvilken Tiden vokser; Liniestykker mærket τ angiver Længden af Perioden; Maalestokke Størrelsesforholdet vinkelret paa Tidsaksen. Endvidere er Buekredsens Konstanter vedføjet de enkelte Optagelser.

Tavle I Fig. *a* svarer til en Optagelse med det gunstigste Felt under de foreliggende Forhold ($\lambda = 8700$ m, $R = 1$ Ohm); her ses ikke ret meget til det negative Krater, der i Hovedsagen forløber paa den mod den positive Elektrode vendende Del af Kulelektroden. Paa Pladen ses dog tydelig Kraterets periodiske Karakter; denne er imidlertid langt mere fremtrædende paa Billedet af Anodekrateret. Fig. *b* svarer til en noget kortere Bølgelængde (4300 m) og til et Felt, der er lidt stærkere end det fordelagtigste. Oscillogrammet er her ret tydeligt af begge Kratere, dog særlig det positive. Ogsaa Oscillogrammet af selve Buen ses mellem de to Kraterbilleder. Fig. *c* og *d* viser Forholdene for en Bølgelængde paa 6000 m og en Feltstyrke, der er noget højere end den fordelagtigste. Her er baade det negative og positive Kraterbillede samt selve Buebilledet meget klart. I alle tre paa Tavle I viste Tilfælde brændte Buen i Gas; derimod viser Tavle IV Fig. *a* Oscillogrammet af en Bue i Brint, med en Feltintensitet kun lidt over det normale og med en lidt for lang Buelængde. I Brint bestaar Buen kun af selve den violette Kærne, medens denne i Gas er omgivet af en grønlig Aureole.

Det fremgaar tydelig af disse Oscillogrammer, at Buen een Gang i hver Periode tændes ved eller paa Elektrodernes Rand for derefter af Magnetfeltet at drives ud, saaledes at Kraterne i Løbet af Perioden fjerner sig fra Randen. Ved Periodens Slutning slukkes Buen i den yderste Stilling for derefter, som nævnt, atter at tændes mellem Randene. Man ser tillige, at denne Proces gentager sig med stor Regelmæssighed. Den teoretiske Form af disse normale Kraterbilleder er vist i Fig. 19 *I* og vil blive omtalt nedenfor.

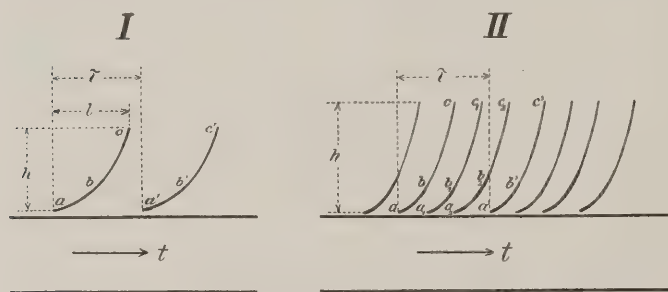


Fig. 19. Den teoretiske Form af Krateroscillogrammer.

Til Hjælp ved en nærmere Betragtning af Krateroscillogrammerne vil vi søge at bestemme den teoretiske Form af Kraterbilledet indenfor en Periode. Vi kan dog ikke vente nogen stor Overensstemmelse mellem det teoretiske Resultat og Virkeligheden; dels vil Katoden altid fortæres mere eller mindre, hvorved dens Overflade taber sin geometrisk veldefinerede Form, men navnlig er vort Kendskab til Bevægelsen af en Bue i et magnetisk Felt ret mangelfuldt. Tiltrods herfor vil dog den nævnte Undersøgelse ikke være ganske interesseløs.

Ved Beregning af den Hastighed, hvormed Magnetfeltet driver Buen ud, vil vi gaa ud fra følgende Forudsætninger: 1. Strømtætheden i den egentlige Buekærne er den samme over hele Tværsnittet, og er konstant lig med σ; 2. Buetværsnittet, hvis Areal er A, beholder sin Form uforandret under Vandringen; 3. dennes Størrelse x bestemmes ved Ligningen

$$Ap\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{1}{10}A\sigma H, \tag{63}$$

hvor p er Buens Vægtfylde.

Det er sikkert, at disse Forudsætninger kun delvis er opfyldte; saaledes vil Buen under sin Bevægelse ikke alene, helt eller delvis, medføre den Luftmasse, der findes i selve Kærnen, men ogsaa en Del af Omgivelsernes. Paa den anden Side vil den opstaaende Luftstrøm virke accelererende paa en efterfølgende Bue. Endelig er selve Forudsætningen om, at Buen i hvert Fald medfører den overvejende Del af den i Kærnen værende Luftmasse, ret hypotetisk. Den stemmer ikke særlig godt med de Forestillinger, som J. S. TOWNSEND[26]), R. S. WILLOWS[27]) samt WILSON og MARTYN[28]), ganske vist under væsentlig andre Betingelser, arbejder med. Forholdene kan, i hvert Fald ved diskontinuerlige Udladninger, være meget indviklede, saaledes som det bl. a. fremgaar af D. N. MALLIK's Arbejder[29])[30]). Alle disse Undersøgelser angaar dog næsten udelukkende Forholdene ved lavere Tryk, og de afgiver derfor ikke noget sikkert Grundlag for Behandlingen af det foreliggende Problem. Der er dog meget, der taler for, at den her gjorte Antagelse i Hovedsagen er rigtig, naar, som i det her betragtede Tilfælde, Strømtætheden er stor. I hvert Fald danner Ligning (63) det simplest tænkelige Udgangspunkt for vore Betragtninger, og da det øjeblikkelige Maal kun er at faa en i Hovedtrækkene rigtig Forestilling om Buens Bevægelse, vil vi udskyde en nærmere Undersøgelse af disse Forhold til en senere Lejlighed og her simpelthen lægge Ligning (63) til Grund for vore Betragtninger.

Vi vil yderligere simplificere Regningerne ved at forudsætte, at Buestrømmen er konstant over en Del af Perioden, Nul i Resten af denne. Den omtalte Del, i hvilken Strømmen forudsættes konstant, sættes skønsmæssig til $\sqrt{\frac{1}{2}}\cdot\tau$.

Ved Integration af Ligning (63) under Forudsætning af, at Vandringen x maales ud fra Buens Tændingspunkt a (se Fig. 19 I), og at Buens Hastighed i dette Punkt er Nul, samt at Tiden regnes fra Tændingsøjeblikket, faas

$$x = \frac{I_0 H}{20\,Ap}\cdot t^2 \quad \text{og} \quad \frac{dx}{dt} = v = \frac{I_0 H}{10\,Ap}\cdot t, \tag{64}$$

bvor v er Buens Hastighed.

Kraterbilledets Form bliver herefter en Parabel med Toppunktet i Tændingspunktet og Aksen vinkelret paa Tidsaksen. Krateret ender i Afstanden h fra Tændingspunktet bestemt ved

$$h = \frac{I_0 H}{20\,Ap}t^2 = \frac{I_0 H}{20\,Ap}\frac{1}{2}\tau^2 = \frac{I_0 H\lambda^2}{36\cdot 10^{17}Ap} = \frac{\sigma H\lambda^2}{36\cdot 10^{17}p}. \tag{65}$$

Vi vil gaa over til at se, hvorledes de efter (65) beregnede Værdier af h stemmer med de virkelig forekommende. For at kunne anvende Ligning (65) maa man kende Værdierne af σ og p. σ har vi søgt at bestemme ved paa Matskiven at maale Tværsnittet af den violette Buekærne. Bestemmelsen er ret usikker, men gav tilsyneladende samme Værdier for Gas og Brint; den sandsynligste Værdi kan

maaske sættes til $\sigma = 2000$ Amp. pr. cm². For at bestemme p, „Buens Vægtfylde", maa man kende Temperaturen i Buen. Denne er, baade i Brint og Gas, forholdsvis lav; men nogen Temperaturbestemmelse har vi ikke foretaget; vi har skønsmæssig sat Vægtfylden til $^1/_4$ af den ved 0°, svarende til en Temperatur paa ca. 1100°. I Tændingsøjeblikket er den sikkert lavere, senere maaske højere. Sættes Brintens Vægtfylde ved 0° til 0,00009 $^g/_{cm^3}$ og Gassens til 0,00045 $^g/_{cm^3}$, giver derfor Formel (65)

$$\text{for Brint} \qquad h = \frac{2H\lambda^2}{81 \cdot 10^9}, \tag{66$_1$}$$

og

$$\text{for Gas} \qquad h = \frac{2H\lambda^2}{405 \cdot 10^9}. \tag{66$_2$}$$

I nedenstaaende Tabel er opført de beregnede og de maalte Værdier af h for de fire paa Tavlerne gengivne Krateroscillogrammer:

		h beregnet mm	h maalt mm	Bemærkninger
Tavle I.	Fig. *a*.	0,66	0,37	Maalt paa Anoden
—	Fig. *b*.	0,38	0,45	Maalt paa Katoden
—	Fig. *c*.	1,3	0,9	Maalt paa Katoden
—	—	1,3	1,2	Maalt paa Anoden
Tavle IV.	Fig. *a*.	2,7	2,0	Maalt paa Katoden

De maalte Værdier for h er gennemgaaende noget lavere end de beregnede; hermed stemmer det godt overens, at selve Buens Vandring et større end Kraternes, som det vil fremgaa af en Betragtning af de viste Profilbilleder. (Se særlig Plan III Fig. *a* og *b*, samt Plan IV Fig. *b*). Den opstillede, rent foreløbige og kalkulatoriske Teori har saaledes i Hovedsagen bekræftet sig.

Af det foregaaende følger, at Buens og Kraternes Hastighed er mindst straks efter Tændingen; man maa derfor ogsaa vente, at det negative Kraters Temperatur er højest i Nærheden af Tændingspunktet. At dette virkelig forholder sig saaledes, fremgaar meget tydelig af Tavle IV Fig. *a*, og, omend ikke saa udpræget, af Tavle I Fig. *c* og *d*. Denne forholdsvis høje Temperatur paa Tændingsstedet letter selvfølgelig Gentændingen af Buen.

Vi har hermed i Hovedsagen klarlagt Magnetfeltets Indflydelse under normale Forhold og paavist Rigtigheden af den i 6. givne skitsemæssige Fremstilling af Poulsen-Buens Virkemaade. Vi skal derefter gaa over til at betragte de unormale Forhold — med forholdsvis for stærkt og for svagt Felt, — der frembyder en Del Ejendommeligheder af betydelig Interesse.

c. For stærkt Magnetfelt. Et Par Oscillogrammer optagne med for stærke Felter er vist paa Tavle IV Fig. *c* og *d*, henholdsvis med Gas og Brint. Den af Krateret beskrevne Kurve bestaar her ikke af et enkelt Kurvestykke for hver

Periode, men af flere indbyrdes parallele, parabellignende Kurvestykker, i Fig. *c* af 3 og i Fig. *d* af 2 for hver Periode. Da det er vanskeligt at følge Kraterkurvens Forløb paa Fotografierne — og endnu vanskeligere paa Reproduktionen — har vi i Fig. 19 *II* tegnet en skematisk Figur til at anskueliggøre Forholdene. Vi forudsætter, at Buen tændes ved a, hvor Hastigheden straks er lille, for derefter paa Grund af det stærke Felt at vokse hurtig. Det negative Kraters Temperatur er derfor, som omtalt ovenfor, forholdsvis høj ved a, men aftager ret hurtig, efterhaanden som Krateret bevæger sig udad. Resultatet af den hurtig faldende Kratertemperatur bliver en hurtig voksende Buespænding, der atter bevirker en ny Buetænding ved a_1, hvor Temperaturen endnu er forholdsvis høj. Den nydannede Bue tiltager paa den gamles Bekostning, og denne slukkes helt ved c, for eventuelt atter senere at blive erstattet af en ny, ved a_2 tændt Bue. Mod Slutningen af Perioden, hvor Strømstyrken kun er ringe, aftager Kratertemperaturen og Buespændingen vokser, hvorefter der, inden den gamle Bue endnu er fuldstændig slukket, foregaar en ny Tænding ved a'. Slukke- og Tændspænding har Værdier i Nærheden af de normale, saaledes som det fremgaar af de optagne Spændingsoscillogrammer, hvis Udseende er ganske normalt selv for en Feltstyrke, der er betydelig over det normale (se Fig. 17 *d*). De mellemliggende „Takker“ paa Buespændingskurven, svarende til Gentændingen ved a_1 og a_2 og Slukningen ved c_1 og c_2 (Fig. 19 *II*), er saaledes ikke store nok til at vise sig ved den benyttede Optagelsesmetode af Spændingsoscillogrammerne. En fuldstændig Udredning af disse Forhold vil derfor kræve yderligere Undersøgelse, men der er næppe Tvivl om, at den givne Forklaring i Hovedsagen er rigtig. Krateroscillogrammerne viser i hvert Fald med Sikkerhed, at der i for stærke Felter findes 2 eller flere delvis samtidige Buer. Det er indlysende, at det for stærke Felt medfører en Forhøjelse af Fødespændingen V_0, saaledes som det senere vil blive omtalt, og derfor en Formindskelse af Nyttegraden. Det for stærke Felt er derfor uheldigt, baade hvad Økonomi og Regelmæssighed angaar.

d. For svagt Magnetfelt. Det for svage Magnetfelt giver Anledning til et helt andet Forløb af Buefænomenet. Grunden hertil maa søges i to Forhold, der følger af eller med det svage Felt, nemlig for det første den Omstændighed, at Buen ikke slukkes fuldstændig eller i hvert Fald kun en forsvindende kort Tid, for det andet den ringe Vandring, Bue og Krater udfører i Løbet af en Periode. Det samlede Resultat heraf bliver en udpræget Tendens til, at Buen tændes igen — eller, hvis den ikke har været helt slukket, fortsætter — paa de Steder, hvortil Kraterne i Periodens Løb er vandret ud. Er Feltet meget for svagt, gentages dette flere, ja mange Gange, indtil Buen har naaet en saadan Længde, at Gentændingen lettere finder Sted mellem Elektroderandene, hvorefter det samme Spil gentager sig. Disse Forhold er skematisk antydet i Fig. 20, hvor det er forudsat, at Buen hver 3die Gang tændes ved Kraterranden. Denne Tænding kræver en betydelig Spænding, medens den paafølgende Slukke- og Tændspænding bliver forholdsvis

lille, den næste atter lidt større, saaledes som antydet i Figuren. At Buespændingen virkelig faar et saadant Forløb, fremgaar klart af Fig. 17 *f*; Buen har her skiftevis hver 2den eller 3die Gang tændt sig ved Randen.

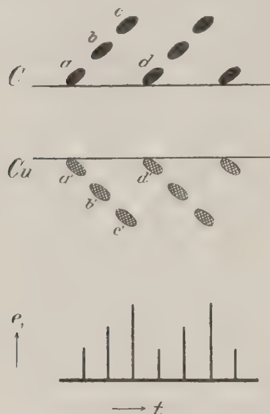


Fig. 20. Skematisk Fremstilling af Virkningen af et for svagt Magnetfelt.

Profilbillederne viser et til „Skridtenes“ Antal svarende Antal stationære Buer udenom hverandre, altsaa desto flere Buer, jo mere Feltet ligger under det normale; sammenlign Tavle II, Fig. *a*, *b*, *m* og *n*, Tavle III. Fig. 1 *a* og *b*, samt Tavle IV, Fig. b_1. Af disse Buer eksisterer der i hvert enkelt Øjeblik kun 1.

At Forløbet virkelig er det her beskrevne, fremgaar med fuldstændig Sikkerhed af Tavle IV, Fig. *b*; det er her ganske tydeligt, at Buen hveranden Gang tændes ved Randen, hveranden Gang inde paa Elektroden.

Det er indlysende, at disse Forhold, naar Fødestrømmen holdes konstant, vil bevirke en Forøgelse af Buens Fødespænding, da Brændespændingen stiger med Buens Længde, et Forhold vi kommer ind paa senere.

Nyttegraden gaar følgelig ned, naar Feltet bliver for svagt. Samtidig gaar det ogsaa ud over Regelmæssigheden. Gør Buen f. Eks. regelmæssig 2 „Skridt“, faas to Perioder, der afviger lidt fra hinanden. Dette nedsætter Svingningernes Resonansevne og bevirker, at en optagen Resonanskurve bliver skæv eller i hvert Fald faar et uregelmæssigt og samtidig fladere Forløb. Endnu mere indviklet bliver Forholdene, hvis Antallet af „Skridt“ varierer; man faar i saa Fald Resonanskurver med „flad Top“.

I meget svage Felter optræder et nyt Fænomen, som vi har søgt at anskueliggøre ved Fig. 21. Buen forskydes her kun et ganske lille Stykke udad for hver Periode og bliver ved dermed, indtil Buelængden er bleven saa stor, og Buespændingen saa høj, at en fornyet Tænding sker ved Elektroderanden. Men da Afioniseringen i den ydre Bue er forholdsvis meget ringe, saa vedbliver denne at eksistere efter Tændingen af den nye, indre Bue, og begge fortsætter gennem en Række Perioder — den indre med voksende, den ydre med aftagende Styrke.

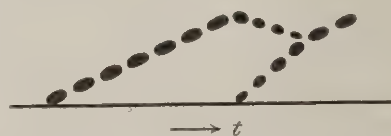


Fig. 21. Skematisk Fremstilling af Forholdene ved meget svage Felter.

Samtidig bevirker den elektrodynamiske Tiltrækning mellem de to samtidig eksisterende Buer, at den inderste gaar hurtigere udad, end hvad der svarer til Magnetfeltets Intensitet, den ydre langsommere. Eventuelt har, som antydet i Fig. 21, den gensidige Tiltrækning Overhaand, saaledes at den ydre Bue vandrer indad. Et saadant Tilfælde ses paa Tavle III, Fig. 2 *a*, der ganske svarer til Fig. 21. Forholdene kan blive endnu mere indviklede, saaledes som det fremgaar af Fig. 2 *b* og *c*, der viser, at der kan eksistere en hel Række Buer samtidig. Fænomenet skyldes de foran fremhævede Forhold i Forbindelse med, at Buespændingen i Virke-

ligheden ikke falder straks efter Tændingen, men i en endelig om end kort Tid bliver oppe paa den høje Tændspænding, ja maaske endog stiger yderligere. Det er en Selvfølge, at Buegeneratoren i saa svage Felter arbejder uregelmæssig.

e. Det fordelagtigste Magnetfelt. Det foregaaende viser, at Buen bør brænde i det svageste Felt, H^0, i hvilket den arbejder normalt med kun een Tænding pr. Periode og altid Tænding ved Elektroderandene, idet baade et stærkere og et svagere Felt giver højere Fødespændinger. H^0 er saaledes den fordelagtigste Feltstyrke, altsaa den, ved hvilken Buens Nyttegrad er højest. Som vi har set, arbejder Buen ogsaa kun fuldstændig regelmæssig, naar Feltintensiteten ligger i Nærheden af H^0. For at vise Sammenhængen mellem V_0 og H har vi optaget en Række sammenhørende Værdier og afsat Værdierne paa Fig. 22. Man ser, at V_0 aftager ret jævnt med H indtil et vist Punkt, nemlig det, hvor Buen ikke altid tændes ved Elektroderandene, hvor saa V_0 atter stiger ret pludselig. Den Del af Kurven, der svarer til endnu mindre Værdier af H, er meget variabel, idet Antallet af „Skridt", altsaa ogsaa det tilsyneladende Antal af „Profilbuer", forandres for ganske smaa Tilfældigheder; men jo flere Profilbuer, desto højere Værdi af V_0, og jo lavere H er, desto flere Profilbuer findes der. Nogen regelmæssig Kurve kan ikke tegnes, men de viste Kurver svarer i Hovedsagen til Maalingerne samtidig med, at de antyder det formentlige, teoretiske Forløb.

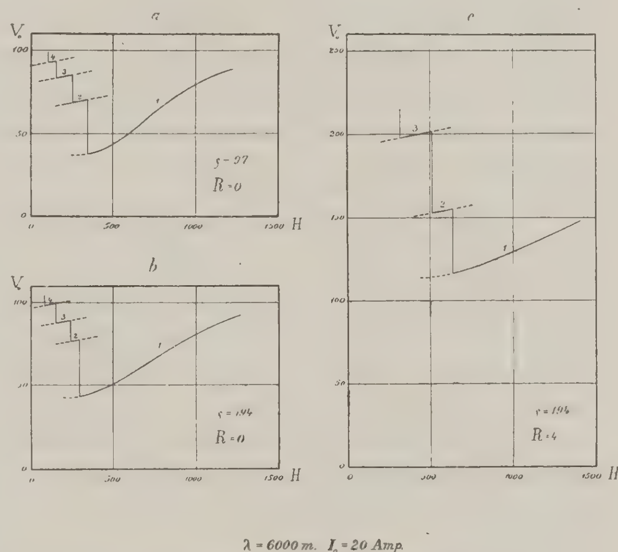


Fig. 22. Sammenhæng mellem Fødespænding og Feltintensitet for konstant Strømstyrke.

Det foregaaende viser, at Buegeneratoren arbejder mest økonomisk og samtidig regelmæssigst ved den fordelagtigste Feltintensitet. Dette hindrer ikke, at man kan fjerne sig en Del fra den fordelagtigste Værdi, H^0, baade opad til stærkere og nedad til svagere Feltstyrker, og Buen vedbliver dog at arbejde tilsyneladende regelmæssig; der er saaledes ikke noget i Vejen for, at Buen brænder regelmæssig og rolig med 2 a 3 Profilbuer, altsaa med et for svagt Felt. Det er dog, som foran fremhævet, klart, at man i dette Tilfælde ikke faar regelmæssige Svingninger, og ved Undersøgelser over Poulsen-Buens Frekvenskonstans maa man derfor selvfølgelig sørge for, at Forholdene er normale med den rigtige Værdi af Magnetfeltet. Naar K. VOLLMER[22]) i sit store Arbejde over Buegeneratorens Frekvensvariationer om dette Punkt kun bemærker, at Undersøgelserne er foretagne „an einer Lampe mit

Querfeld" (l. c. pag. 150) saa har hans Resultater derfor kun ringe Betydning for Praksis. Det samme gælder andre lignende Undersøgelser*).

f. Buens Udseende i Felter af forskellig Intensitet. Tavle II viser en Række Profilbilleder af Buen under forskellige Forhold, navnlig for forskellig Værdi af H. En Sammenligning mellem Fig. *a*, *c* og *i* viser, hvor lille Buen er ved Feltstyrker i Nærheden af den fordelagtigste i Forhold til dens tilsyneladende Størrelse ved meget svagere og meget stærkere Felter.

Et Par Ejendommeligheder ved Buer i Belysningsgas skal her lige nævnes. Ved svage Feltstyrker udskiller der sig en Del Kulstøv af Gassen, der som et sort, blødt Lag slaar sig ned paa Kammerets Vægge og ligeledes afsætter sig paa Anoden ved eller umiddelbart udenfor Buens Fodpunkt. Ved passende svage Felter kan Afsætningen her være saa livlig, at man kan se de naaletrælignende Udvækster vokse. Et Eksempel paa Udseendet af en saadan Udvækst er vist i Tavle III, Fig. 1 *b*. Naar de har naaet en vis Størrelse, slynges de gerne bort af Buen. Lader man derimod under disse Forhold Katoden staa stille, saa finder Kulaflejringen Sted paa denne i Form af en ret fast, hornformet Udvækst, saaledes som det fremgaar af Fig. *m* og *n* paa Tavle II.

Ved stærkere Felter er Kuludskilningen langt ringere, og den viser sig da i Form af et brunligt, ret fast Beslag paa Kammerets Vægge. Paa Anoden afsættes intet, eller saa godt som intet. Grunden til den omtalte Forskel i Kuludskilning i svage og stærke Felter maa formentlig søges i, at Buens Temperaturforhold ændres af Magnetfeltet, men en nærmere Undersøgelse heraf er ikke foretaget.

10. Yderligere Konsekvenser af A-Teorien. a. Det fordelagtigste Magnetfelts Afhængighed af Bølgelængden. De foregaaende Undersøgelser har i Hovedsagen klarlagt Magnetfeltets Indflydelse paa Buen, naar denne virker som Generator for kontinuerlige, højfrekvente Svingninger. Vi skal nu gaa over til at se, hvilke Slutninger man, under Benyttelsen af det erhvervede Kendskab til Magnetfeltets Virkemaade, kan drage af A-Teorien med Hensyn til den heldigste Feltintensitets Afhængighed af Buekredsens Konstanter og Fødestrømmens Styrke. Vi vil først undersøge, hvorledes den fordelagtigste Værdi af Magnetfeltet, H^0, afhænger af Bølgelængden, naar baade Fødestrømmens Styrke og alle Buekredsens andre Parametre holdes konstante.

Ifølge (62) er den gennemsnitlige Slukkespænding proportional med Produktet af Fødestrømmen og Buekredsens Modstand, men iøvrigt uafhængig af Buekredsens Konstanter. Det ligger nu overmaade nær at antage, at den Hastighed, hvormed Buen bevæger sig i Slukningsøjeblikket, er bestemmende for Slukkespændingen,

*) Vi skal ved denne Lejlighed ikke komme nærmere ind paa Spørgsmaalet om Frekvensvariationerne, der for Tiden ikke har nogen større praktisk Betydning. Vi vil ligeledes se bort fra en nærmere Redegørelse for de forskellige Forsøg, der tidligere har været gjort paa at forklare Magnetfeltets Indflydelse paa Buegeneratoren, og nøjes med at henvise til de i Litteraturfortegnelsen under Nr. 32 til 35 samt 7 e (p. 64—66) opførte Arbejder.

idet denne vokser med Hastigheden. Men, som vi saa ovenfor, saa vil den Hastighed, Buen faar ved Slukningen, alt iøvrigt lige, være proportional med Perioden, altsaa ogsaa proportional med Bølgelængden λ; herefter skal det fordelagtigste Felt H^0 og Bølgelængden λ tilfredsstille følgende Relation

$$H^0 \lambda = \text{Konstant} \qquad (67)$$

Fig. 23 viser Resultatet af en Del Maalinger af sammenhørende Værdier af H^0 og λ. Det ligger i Sagens Natur, at Værdien af H^0 ikke kan bestemmes særlig nøjagtig, men, som Figuren viser, ligger de maalte Punkter ret nær ved den viste Kurve, hvis Ligning er

$$(H^0 + 400) \cdot \lambda = 5000 \text{ (Gauss. km)} \qquad (68)$$

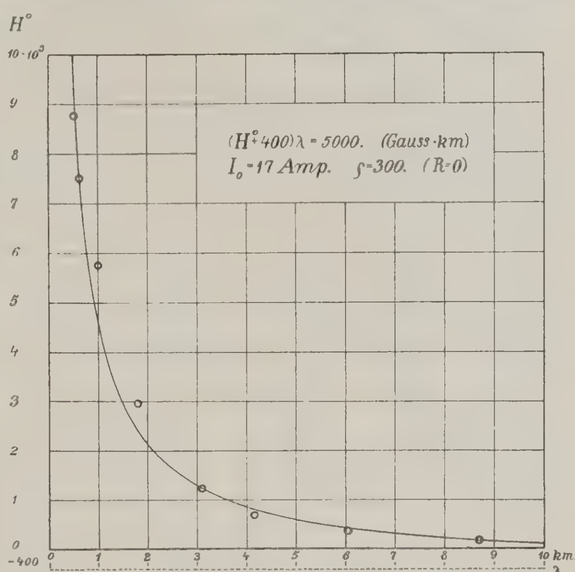


Fig. 23. Den fordelagtigste Feltintensitets Afhængighed af Bølgelængden.

Den ovenfor ved (67) bestemte Lov er saaledes ikke helt rigtig; men det var iøvrigt til at forudse, at der til H^0 maatte adderes en Konstant, før Multiplikationen med λ foretoges. Foruden det af Elektromagneten frembragte Felt, der er afsat som Ordinat i Fig. 23, virker der nemlig tillige en Opdrift paa Buen, fordi dennes Temperatur er højere end Omgivelsernes. Dertil kommer, at Buen rent elektrodynamisk vil søge at blive større, saaledes som paavist af W. E. Ayrton allerede i 1879[29]). Størrelsen af disse Kræfter er vanskelig at bestemme nøjagtig, men de er dog sikkert saa smaa, at deres Sum er mindre, end hvad der svarer til de 400 Gauss, hvorom det drejer sig. De omtalte Kræfter er jo heller ikke helt af samme Natur som de fra det magnetiske Felt hidrørende. Der er ogsaa den Mulighed, at elektrostatiske Kræfter spiller en Rolle.

Det fremgaar endelig af det følgende, at H^0 vokser med R. Da nu Kredsens egen, effektive Modstand aftager, naar Bølgelængden vokser, saa vil ogsaa dette Forhold bevirke, at den eksperimentale (H^0, λ)-Kurve for store Værdier af λ faar for smaa Værdier af H^0. Alt i alt lader Afvigelserne fra den teoretiske Form for (H^0, λ)-Kurven sig saaledes forklare paa naturlig Maade, og selv om vore Slutninger ikke fuldt ud har bekræftet sig, saa har de dog i Hovedsagen givet den rigtige Sammenhæng mellem H^0 og λ.

V. Poulsen har allerede i den første Publikation om Buegeneratoren[4a]) meddelt, at den nødvendige Feltintensitet aftager med voksende Bølgelængde, uden dog at opstille nogen bestemt Lov. Denne Oplysning synes at være glemt; ved Læsning

af den nyere Litteratur faar man nærmest det Indtryk, at Magnetfeltet helst i og for sig skal være saa stærkt som muligt, se f. Eks. den senere citerede Udtalelse af ZENNECK.

b. Indflydelsen af den Buen omgivende Luftarts Vægtfylde paa Værdien af den fordelagtigste Feltintensitet. Det foregaaende gælder, naar Buen befinder sig i Belysningsgas; brænder den derimod i Brint, viser det sig, at den tilsvarende Værdi af H^0 er omkring 5 Gange mindre. Dette stemmer fuldstændig med det foregaaende og det under 9 b. udviklede, idet Gassens Vægtfylde er ca. 5 Gange saa stor som Brintens.

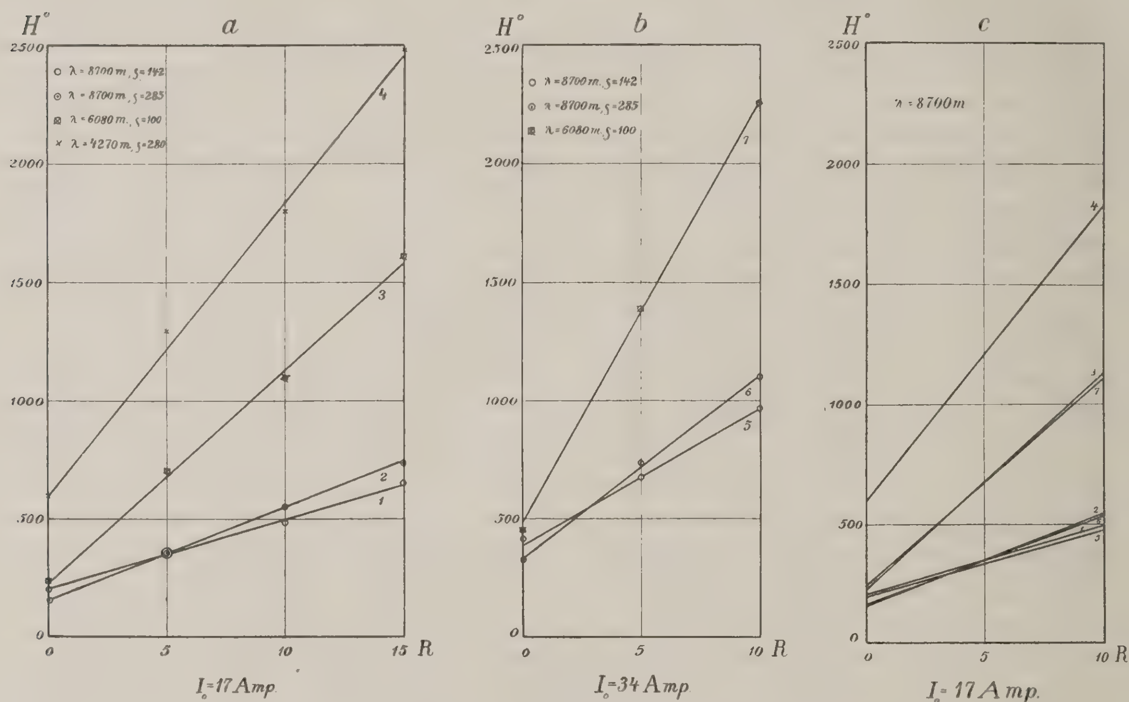


Fig. 24. Den fordelagtigste Feltintensitets Afhængighed af Modstand og Fødestrøm.

De tidligere gjorte Erfaringer, at det navnlig ved de korte Bølgelængder var heldigt at benytte Brint og ikke Belysningsgas eller Spiritusdampe, forklares let herigennem, idet Feltet let bliver for svagt ved korte Bølgelængder, og man staar sig da ved at benytte den lettest mulige Luftart. Ved længere Bølger har det snart vist sig, at Karburering af den benyttede Brint var heldig, snart at ren Brint var at foretrække, uden at det hidtil har været muligt at opdage nogen Lovmæssighed i saa Henseende. Sagen forholder sig simpelthen saaledes: naar Feltet er for svagt, bør man bruge ren Brint, er Feltet derimod for stærkt, staar man sig ved at benytte tungere Kulbrinter, — eller endnu bedre ved at reducere Feltet.

c. **H^0's Afhængighed af R og I_0.** Det næste Spørgsmaal er, hvorledes det heldigste Felt afhænger af Modstanden i Buekredsen, naar Strømstyrken og alle andre Parametre holdes konstante. Ifølge A-Teorien er den gennemsnitlige Slukkespænding, som allerede nævnt, proportional med R. Da vi ikke kender Loven for Slukkespændingens Afhængighed af Buens Hastighed, men kun ved, at Spændingen vokser med Hastigheden, saa kan vi ikke deraf slutte os til Relationen mellem H^0 og R. Den simpleste Forudsætning, man rent provisorisk kan gøre, er, at P vokser proportional med Buens Hastighed; i saa Fald skal H^0 vokse lineært med R. Det fremgaar af Fig. 24, der viser Resultatet af nogle Maalinger af sammenhørende Værdier af H^0 og R, at H^0 virkelig vokser lineært med R, men at der desuden i Udtrykket for H^0 indgaar et konstant Led. Dette er ogsaa naturligt, da H^0 jo maa have en endelig Værdi, selv om R nærmer sig til at blive Nul.

Af de samme Forudsætninger følger endvidere, at H^0 skal være proportional med I_0. Det fremgaar af Fig. 24 *c*, — der er fremkommen ved Sammendragning af

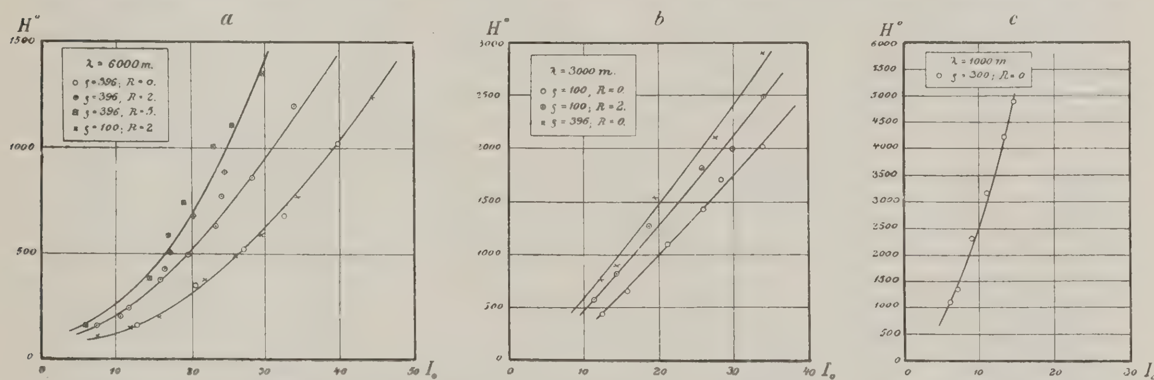


Fig. 25. Den fordelagtigste Feltintensitets Afhængighed af Fødestrømmen, forskellig Bølgelængde.

Fig. *a* og *b*, efter at *b*'s Ordinater er halverede (svarende til, at Strømstyrken i Fig. *b* er dobbelt saa stor som i Fig. *a*) —, at dette med Tilnærmelse er Tilfældet. Denne sidste Relation kan dog ikke ventes at holde Stik over større Variationsomraader, idet Strømstyrken ogsaa paa anden Maade har Indflydelse paa Spændingsforløbet ud over den ved Ligning (62) angivne.

Buens Tværsnit og Kraternes Antal vokser nemlig med Strømstyrken, og det er klart, at den Feltintensitet, der er nødvendig for at frembringe en vis Slukkespænding, alt iøvrigt lige, maa være desto højere, jo større Strømstyrken er. Heraf følger, at H^0 maa vokse noget stærkere end med 1' Potens af I_0, hvilket Fig. 25, der fremstiller Resultaterne af en Række Maalinger af sammenhørende Værdier af I_0 og H^0, ogsaa viser at være Tilfældet.

11. Afsluttende Bemærkninger. De teoretiske Udviklinger i § 10 har nødvendigvis været af en rent foreløbig Karakter og nærmest kun bestemte til Orientering med Hensyn til disse ret indviklede og samtidig for Praksis meget vigtige Spørgsmaal. Til Trods

for disse Udviklingers simple og overslagsmæssige Karakter viste de paa disse baserede Slutninger sig dog i udstrakt Grad i Overensstemmelse med Erfaringen.

Alle disse Slutninger byggede paa den her hævdede, som A-Teorien betegnede Opfattelse, og paa det ved Ligning (62) givne Udtryk for den gennemsnitlige Slukkespænding; Resultaternes Rigtighed støtter derfor i høj Grad den nævnte Teori, der saaledes helt igennem maa siges at være bekræftet gennem de anstillede Undersøgelser. I Modsætning hertil viste den nuværende, her som B-Teorien betegnede, Opfattelse sig dels i afgjort Modstrid med Forsøgene, dels ude af Stand til at give en i Hovedsagen rigtig, kvalitativ Teori for Poulsen-Buen.

Hvor lidt den nuværende Opfattelse — B-Teorien — har været i Stand til at danne Grundlaget for en praktisk brugbar Teori for Buegeneratoren, fremgaar maaske klarest ved at citere nogle Udtalelser af Zenneck i den sidste Udgave (fra 1916) af hans udmærkede Lærebog: „Es wurde .... darauf hingewiesen, dass ein Quermagnetfeld, das die Energie der Schwingungen sehr günstig beeinflusst, sehr ungünstig für die Konstanz der Schwingungen ist .... Es ist dies ebenso der Grund, weshalb man mit der Stärke der Quermagnetfeldes im allgemeinen nicht sehr hoch geht, obwohl es die Energie der Schwingungen erhöhen würde.“ (S. 291).

Om nogen fordelagtigst Værdi af den magnetiske Feltintensitet er der i dette Hovedværk indenfor den traadløse Litteratur slet ikke Tale, end sige om denne Værdis Afhængighed af Fødestrømmens Styrke, af Kredsens Modstand, af Bølgelængden og af Buekredsens øvrige Konstanter, — og dog har H^0, som vi har set, Værdier, der afviger overmaade meget fra hverandre, alt efter Størrelsen af de nævnte Parametre, og Værdien af H har, som vist, den allerstørste Indflydelse paa den Nyttegrad og Regelmæssighed, hvormed Poulsen-Buen arbejder.

At B-Teorien har været ganske ude af Stand til at klarlægge Magnetfeltets Indflydelse, ligger bl. a. deri, at denne Teori kun fæster sin Opmærksomhed paa Tændspændingen, der i og for sig er uafhængig af Magnetfeltet. Dette har kun Indflydelse paa Forholdene, medens Buen brænder, og denne Indflydelse, der i det væsentlige skyldes Buens Hastighed, er størst ved Periodens Slutning, altsaa ved Buens Slukning. Det er derfor, at A-Teorien, der lægger Hovedvægten paa Slukkespændingen, paa en saa simpel og naturlig Maade formaar at gøre Rede for Magnetfeltets Indflydelse.

Résumé. Nærværende Afhandling giver en Oversigt over Resultaterne af en Række Undersøgelser, der er udførte for at belyse Poulsen-Buens Virkemaade. De ved Undersøgelserne anvendte Metoder og Hjælpemidler var i det væsentlige:

1. de sædvanlige elektriske Maalinger;
2. oscillografiske Optagelser af Buespændingen, udførte ved Hjælp af Gehrckes Katodelysoscillograf.

3. almindelige Momentoptagelser af Buen set fra Siden, Profilbilleder;
4. fotografiske Optagelser af Buen og Kraterne set i et hurtigt roterende Spejl, „Krateroscillogrammer“.

Af Undersøgelsernes Resultater omtales de følgende noget nærmere.

Forholdet mellem Højfrekvensstrømmens effektive Værdi og Fødestrømmen har indenfor meget vide Grænser vist sig at være konstant lig med $\sqrt{\frac{1}{2}}$. Det paavises, at dette er i Uoverensstemmelse med B-Teorien.

Den maksimale Buespænding (Tændspændingen) er langt lavere end den af B-Teorien krævede.

Uoverensstemmelsen skyldes, at B-Teorien ser bort fra Spændingsforhøjelsen ved Buens Slukning, Slukkespændingen, medens det for den normale Poulsen-Bue netop er Slukkespændingen, der er af afgørende Betydning.

B-Teorien finder derimod Anvendelse, naar Buen trækkes ud til den størst mulige Længde, ved hvilken den endnu lige netop kan brænde under de foreliggende Forhold; men den normale Poulsen-Bue arbejder med den mindste Buelængde, ved hvilken Buen er aktiv, idet man her har størst Nyttegrad og størst Regelmæssighed.

Magnetfeltets Intensitet bør i hvert enkelt Tilfælde have en ganske bestemt Værdi, H^0. I saa Fald tændes Buen regelmæssig een Gang pr. Periode ved Elektroderandene for derefter af Magnetfeltet i Periodens Løb at drives noget udad paa Elektrodernes cylindriske Overflade. Er Feltet for stærkt, tændes Buen flere Gange pr. Periode; er Feltet for svagt, tændes Buen ikke hver Gang ved Elektroderandene, men kun hver anden, tredie .... Gang, idet Resten af Gentændinger foregaar paa Elektrodernes cylindriske Del. Profilbillederne viser da 2, 3 .... parallele Buer; i Virkeligheden findes der dog kun een Bue ad Gangen. Er Feltet meget svagt, danner der sig derimod ofte 2 eller flere samtidig eksisterende, parallele Buer udgaaende fra Elektrodernes cylindriske Overflade.

Fødespændingen er Minimum (Nyttegraden altsaa Maksimum), naar Feltet har Værdien H^0, der saaledes ogsaa er den fordelagtigste Feltintensitet.

Alt iøvrigt lige er Værdien af H^0 proportional med Luftartens Vægtfylde og med Svingningernes Frekvens, samt paa det nærmeste proportional med Modstanden i Buekredsen og med Fødestrømmen. Disse Resultater følger af de fremsatte teoretiske Betragtninger og bekræftedes i Hovedsagen gennem de anstillede Forsøg.

Oversigt over de foran benyttede Betegnelser.

C = Buekredsens Kapacitet (Farad).

L = Buekredsens Selvinduktion (Henry).

$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$ = Buekredsens Karakteristik (Ohm).

R = Buekredsens effektive Modstand (Buen ikke medregnet) (Ohm).

$\varkappa = \frac{R}{2L}$ = Buekredsens Dæmpningskonstant $\left(\frac{1}{\text{Sek.}}\right)$.

$\omega_0 = 2\pi n_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ = Vinkelhastighed for den dæmpningsfri Buekreds

$\tau_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ = den naturlige Periode for den dæmpningsfri Buekreds (Sek.).

$\omega_0' = 2\pi n_0' = \sqrt{\omega_0^2 - \varkappa^2}$ = den naturlige Vinkelhastighed for Buekredsen med Modstand R (Sek.).

$\tau_0' = \frac{1}{n_0'}$ = den naturlige Periode for Buekredsen med Modstand R (Sek.).

$\delta' = \varkappa\tau_0'$ = Buekredsens logaritmiske Dekrement (Tal).

$\delta = \varkappa\tau_0 = \pi R\sqrt{\frac{C}{L}} = \pi\frac{R}{\rho}$ = Tilnærmelsesværdi for log. Dekrement (Tal).

T = Højfrekvensstrømmens Periode (Sek.).

ω = Højfrekvensstrømmens Vinkelhastighed

λ = Højfrekvensstrømmens Bølgelængde (m).

Se Fig. 1, 8 og 9.:

I_0 = Fødestrømmen (konstant) (Amp.).

i_1 = Buestrømmens øjeblikkelige Værdi (Amp.).

i = Kondensatorstrømmens øjeblikkelige Værdi (Amp.).

I = Kondensatorstrømmens effektive Værdi (Amp.).

I_m = Kondensatorstrømmens maksimale Værdi (Amp.).

$$i_1 = I_0 + i\,; \quad \frac{1}{T}\int_0^T i_1 \cdot dt = I_0$$

Se Fig. 1.:

e_1 = Buespændingens øjeblikkelige Værdi (Volt).

V_0 = Fødespændingen (over Buen) (Volt).

$$V_0 = \frac{1}{T}\int_0^T e_1 \cdot dt.$$

Se Fig. 7.:

E_b = Buens Brændespænding (Volt).

$E_s + E_b$ = Buens Tændspænding (Volt).

$-E_a$ = den numerisk største, negative Buespænding (Volt).

E_1^0 = Buens maksimale Slukkespænding (Volt).

U = Slukkespændingens Integralværdi $= \int (e_1 - E_b) \cdot dt$, hvor Integralet udtrækkes over den Tid, der medgaar til Buens Slukning (Volt · Sek.).

t_1^0 = den Tid, der medgaar til at slukke Buen. (Se Fig. 14) (Sek.).

P = U/t_1^0 = den gennemsnitlige Spændingsforhøjelse under Slukningen (Volt).

H = Magnetfeltets Intensitet (tværs paa Buen, drivende denne opad) (Gauss).

H^0 = den under de foreliggende Forhold fordelagtigste Værdi af Magnetfeltets Intensitet (Gauss).

σ = Strømtæthed i Buen (Amp./cm²).

δ = Buens Vægtfylde (g/cm³).

$$k = \frac{E_s}{\rho I_0} - \frac{R}{2\rho}, \qquad \text{Tilnærmelsesværdi } k = \frac{E_s}{\rho I_0}.$$

$$g_0 = \frac{I}{I_0}, \quad f_0 = \frac{T}{\tau_0} \quad \text{for} \quad R = 0.$$

$$g = \frac{I}{I_0}, \quad f = \frac{T}{\tau_0} \quad \text{for} \quad R < 0.$$

$a >> b$ betegner, at a er meget større end b.

Litteraturhenvisninger.

1) W. DUDDELL: On rapid variations in the currents through the direct-current arc. Journ. Inst. El. Eng. Vol. 30, p. 232-261. 1901. »Electrician«, Vol. 46, p. 269-273, 310-313. 1900.

2) V. POULSEN: Dansk Patent Nr. 5590. (Fremgangsmaade til Frembringelse af Vekselstrømme med højt Svingningstal). 1902.

3) W. DUDDELL: a. On the resistance and electromotive forces of the electric arc. Phil. Trans. A. 203, p. 305-342. 1904.
b. The musical arc. »Electrician«, Vol. 51, p. 902. 1903.

4) V. POULSEN: a. System for producing continuous electric oscillations. Trans. Int. El. Cong. St. Louis 1904. Vol. II, p. 963-971.
b. Ein Verfahren zur Erzeugung ungedämpfter elektrischer Schwingungen. E. T. Z., Bd. 27, p. 1040-1044, 1075. 1906.
c. En Metode til Fremstilling af kontinuerlige elektriske Bølger og disses Anvendelse til traadløs Telegrafi. Fysisk Tidsskrift, Bd. 5, p. 37-52. 1906.

5) H. TH. SIMON und M. REICH: a. Tönende Flammen und Flammentelephonie. Phys. Zeitschr. Bd. 3, p. 278-286. 1902.
b. Über die Erzeugung hochfrequenter Wechselströme und ihre Verwendung zur drahtlosen Telegraphie. Phys. Zeitschrt. Bd. 4, p. 364-372. 1903.

6) H. TH. SIMON (und M. REICH): Über die Erzeugung hochfrequenter Wechselströme und ihre Verwendung in der drahtlosen Telegraphie. Phys. Zeitschr. Bd. 4, p. 737-742. 1903.

7) H. TH. SIMON: a. Über die Dynamik der Lichtbogenvorgänge und über Lichtbogenhysteresis. Phys. Zeitschr. Bd. 6, p. 297-319. 1905.
b. Zur Theorie des selbsttönenden Lichtbogens. Phys. Zeitschr. Bd. 7, p. 433-445. 1906.
c. Über den Lichtbogen bei kleinen Strömstärken. (Nach Versuchen von H. W. Malcolm). Phys. Zeitschr. Bd. 8, p. 471-481. 1907.
d. Über die Wirkung des Magnetfeldes bei der Erregung ungedämpfter Schwingungen mit Hilfe des Lichtbogens. E. T. Z. Bd. 28, p. 1232. 1907.
e. Über ungedämpfte elektrische Schwingungen. Jahrb. d. drahtlosen Tel. Bd. 1, p. 16-68. 1908.
f. Über neuere Methoden der Erzeugung elektrischer Schwingungen. Phys. Zeitschr. Bd. 9, p. 865-874. 1908.
g. Der elektrische Lichtbogen. (52 pp.) Leipzig 1911.

8) H. BARKHAUSEN: a. Das Problem der Schwingungserzeugung. (113 pp.) Leipzig 1907.
b. Die Erzeugung dauernder Schwingungen durch den Lichtbogen. Jahrb. d. drahtlosen Tel. Bd. 1, p. 243-262. 1908.

9) G. LANGE: Beiträge zur Kenntniss der Lichtbogenhysteresis. Diss. Gött. 1909; Ann. d. Physik. Bd. 32, p. 589-647. 1910.

10) M. REICH: Über Grösse und Temperatur des negativen Lichtbogenkraters. Phys. Zeitschr. Bd. 7, p. 73--89. 1906.

11) K. W. WAGNER: Der Lichtbogen als Wechselstromerzeuger. (119 pp.) Leipzig 1910.

12) A. BLONDEL: Sur les phénomènes de l'arc chantant. L'Éclairage Électrique. T. 44, p. 41-58, 81-104. 1905.

13. G. GRANQVIST: a. Über die Bedeutung des Wärmeleitungsvermögens der Elektroden bei dem elektrischen Lichtbogen. Nova Acta Reg. Soc. Uppsala (56 pp.) 1903.
b. Über die Periode und die Phasendifferenz zwischen Strom und Spannung im singenden Flammenbogen. Boltzmann-Festschrift p. 799-808. 1904.
c. Zur Theorie des elektrischen Lichtbogens. Arkiv f. mat., astr. o. fys. Bd. 2, No. 17, p. 1-19. 1905.

14) J. STARK: a. Die Elektrizität in Gasen. (509 pp.) Leipzig 1902.
b. Zur Kenntnis des Lichtbogens. Ann. d. Phys. Bd. 12, p. 673-713. 1903.

15) J. STARK, T. RETSCHINSKY u. A. SCHAPOSCHNIKOFF: Untersuchungen über den Lichtbogen. Ann. d. Phys. Bd. 18, p. 213-251. 1905.

16) J. J. THOMSON: Conduction of Electricity through Gases. (566 pp.) Cambridge 1903.

17) A. O. LILJESTRÖM: Ljusbågen som källa för elektriska svängningar. (61 pp.) Uppsala 1908.

18) H. HAUSRATH: Verfahren zur Darstellung periodischer Hochfrequenzkurven mit der Braunschen Röhre. Phys. Zeitschr. Bd. 12, p. 1044-1046. 1911.

19) K. ORT: Untersuchung der Schwingungsvorgänge des Lichtbogengenerators. Jahrb. d. drahtlosen Tel. Bd. 6, p. 119-132. 1912.

20) H. FASSBENDER und E. HUPKA: Nachweis von Schwingungen erster und zweiter Art am Poulsenbogen. Phys. Zeitschr. Bd. 14, p. 222-226. 1913.

21) P. O. PEDERSEN: Beiträge zur Theorie der drahtlosen Telephonie. I. Jahrb. d. drahtlosen Tel. Bd. 5, p. 449-498. 1912.

22) K. VOLLMER: Über die Schwankungen der Frequenz und Intensität der Lichtbogenschwingungen. Jahrb. d. drahtlosen Tel. Bd. 3, p. 117-174, 213-249. 1910.

23) J. A. FLEMING: Some observations on the Poulsen arc as a means of obtaining continuous electrical oscillations. Phil. Mag. (6). Vol. 14, p. 254-265. 1907.

24) L. W. AUSTIN: The production of high frequency oscillations from the electric arc. Bull. Bur. Stand. Vol. 3, p. 325-340. 1907.

25) E. GEHRCKE: a. Eine einfache Methode zur Bestimmung des Stromverlaufs hochgespannter Wechselströme. Verhandl. Phys. Ges. Bd. 6, p. 176-178. 1904.
b. Glimmlicht-oszillograph. Zeitschr. f. Instrumentenkunde. Bd. 25, p. 33-37, 278-280. 1905.

26) J. S. TOWNSEND: The diffusion and mobility of ions in a magnetic field. Proc. Roy. Soc. A. Vol. 86, p. 571-577. 1912.

27) R. S. WILLOWS: a. On the effect of a magnetic field on the discharge through a gas. Phil. Mag. (6). Vol. 1, p. 250-260. 1901.
b. Action of a magnetic field on the discharge through a gas. Phil. Mag. (6). Vol. 9, p. 370-378. 1905.

28) H. A. WILSON and G. H. MARTYN: On the velocity of the electric discharge in gases at low pressures in a radial magnetic field. Proc. Roy. Soc. A. Vol. 79, p. 417-428. 1907.

29) D. N. MALLIK: a. Magnetic rotation of electric discharge. Phil. Mag. (6). Vol. 16. p. 531-550 1908.
b. Theory of electric discharge in a De La Rive's Tube. Phil. Mag. (6). Vol. 24, p. 500-507. 1912.

30) D. N. MALLIK and A. B. DAS: Electric discharge in a transverse magnetic field. Phil. Mag. (6). Vol. 32, p. 50-65. 1916.

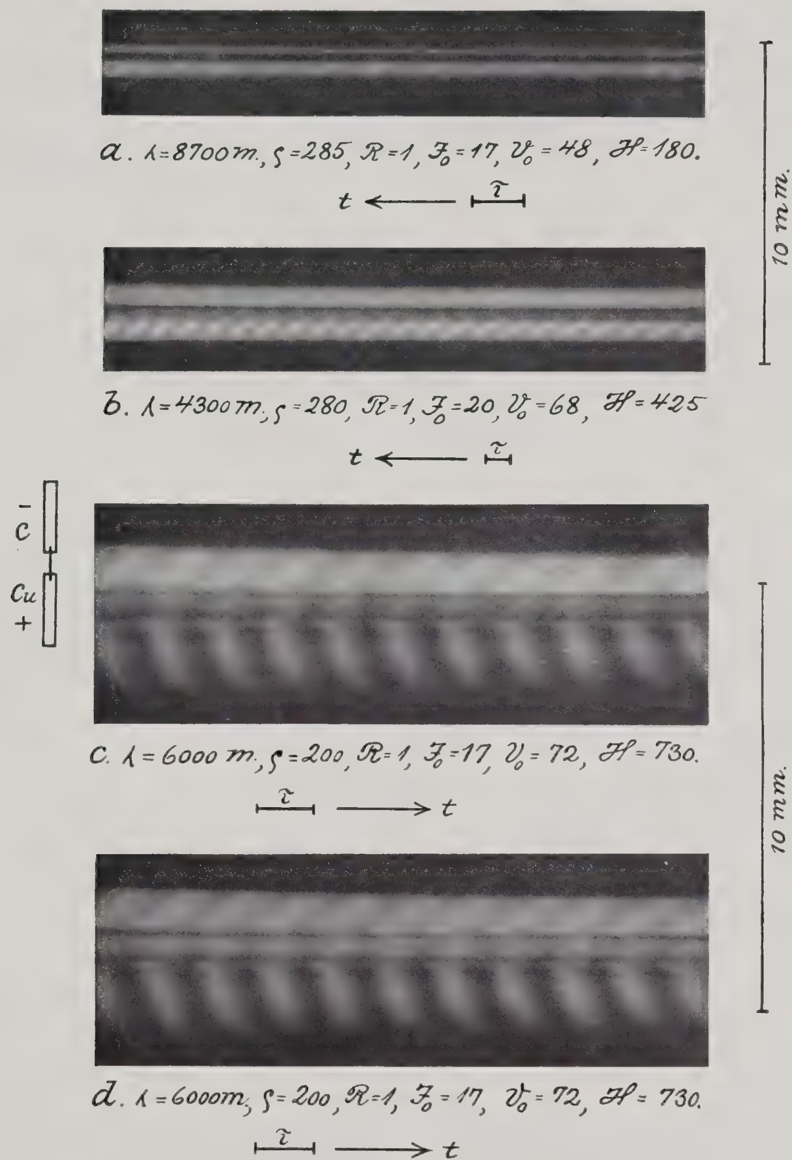
31) W. E. Ayrton: Note on the electric light. Electrician. Vol. 2, p. 76. 1879. (H. Ayrton, The electric arc. p. 36. London 1901).

32) G. Benischke: Zur Erklärung der sogenannten ungedämpften Schwingungen, E. T. Z. p. 1212-1213. 1906; p. 69-70, 354. 1907.

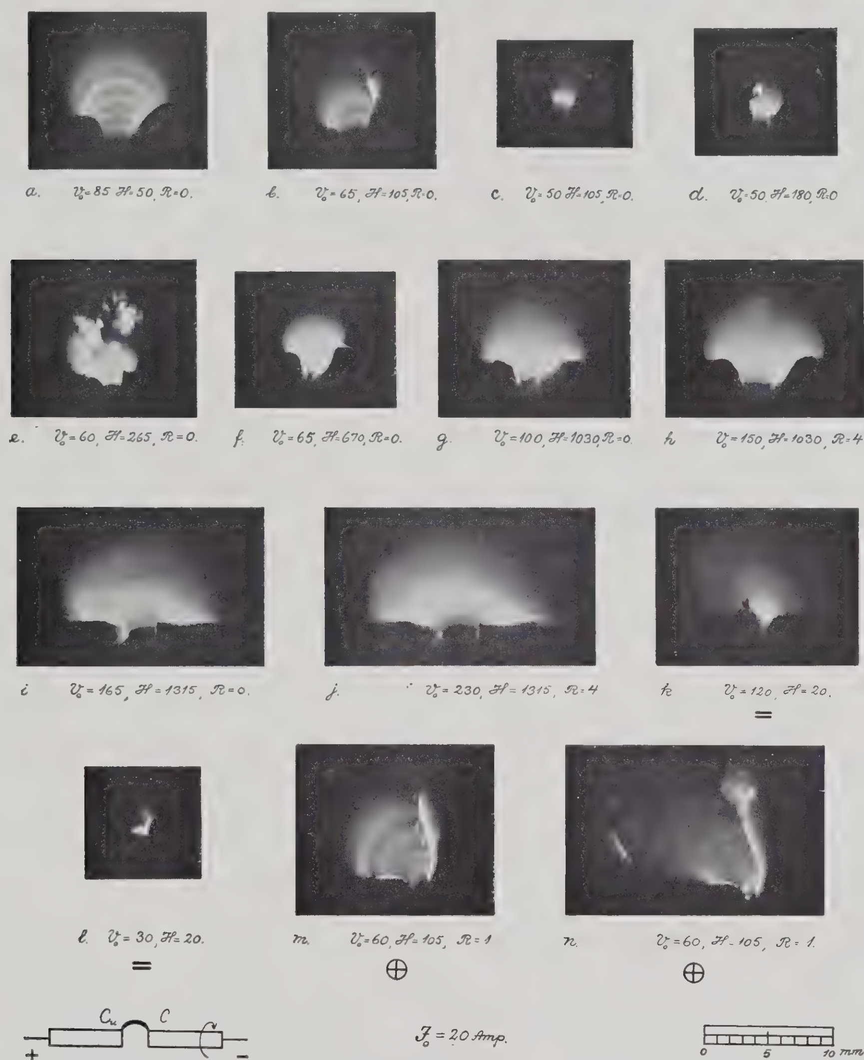
33) E. Ruhmer: Zur Erklärung der sogenannten ungedämpften Schwingungen. E. T. Z. p. 69. 1907.

34) M. Reithoffer: Zur Erklärung der ungedämpften Schwingungen. E. T. Z. p. 308-309. 1907.

35) H. R. v. Traubenberg: Erklärungsversuch der günstigen Wirkung des Magnetanblasung. E. T. Z. p. 559. 1907.



Krateroscillogrammer af Buer i Belysningsgas.

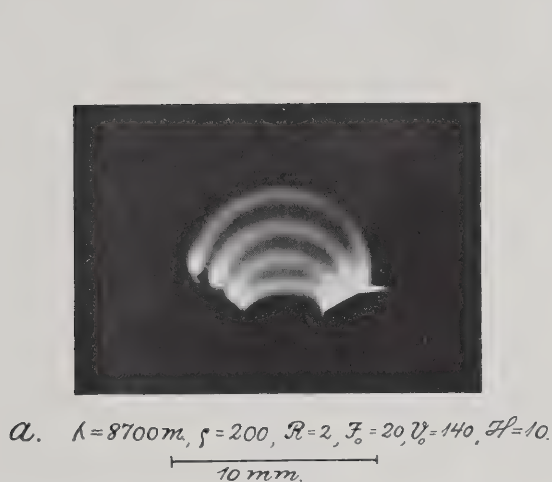


Profilbilleder af Buer i Belysningsgas.

For Billederne a til j samt m og n er $\lambda = 9000$ m og $\rho = 200$ Ohm.

Billederne k og l fremstiller Jevnstrømsbuer.

I Billederne m og n staar Katoden stille.



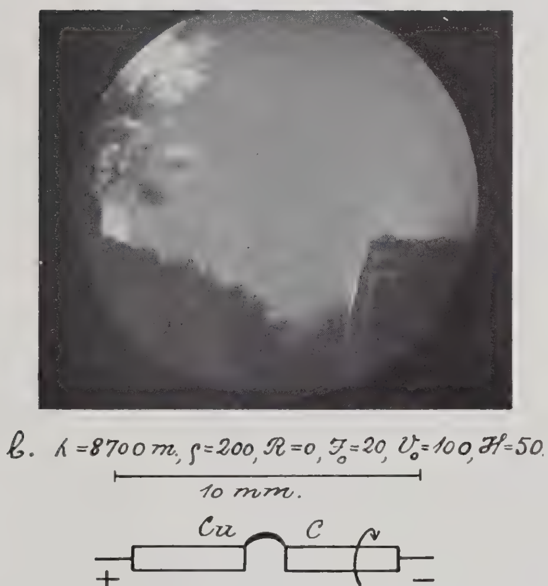


Fig. 1. Profilbilleder af Buer i meget svage Magnetfelter.

a. Bue i Brint.

b. Bue i Belysningsgas.

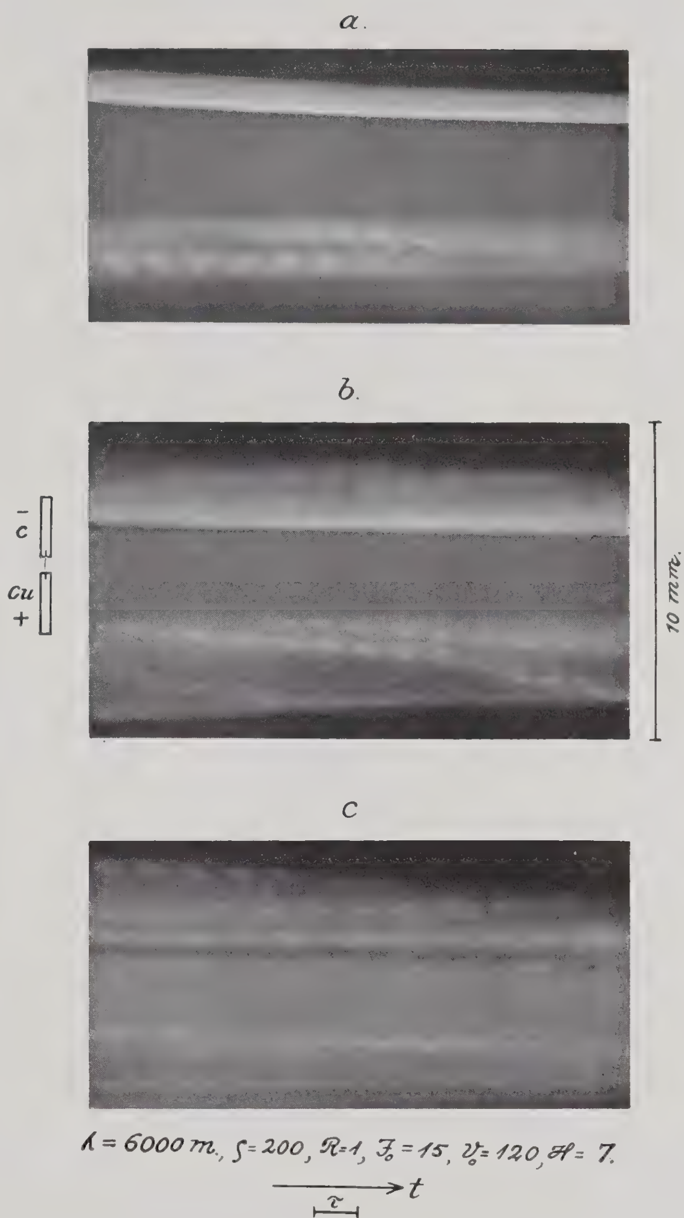
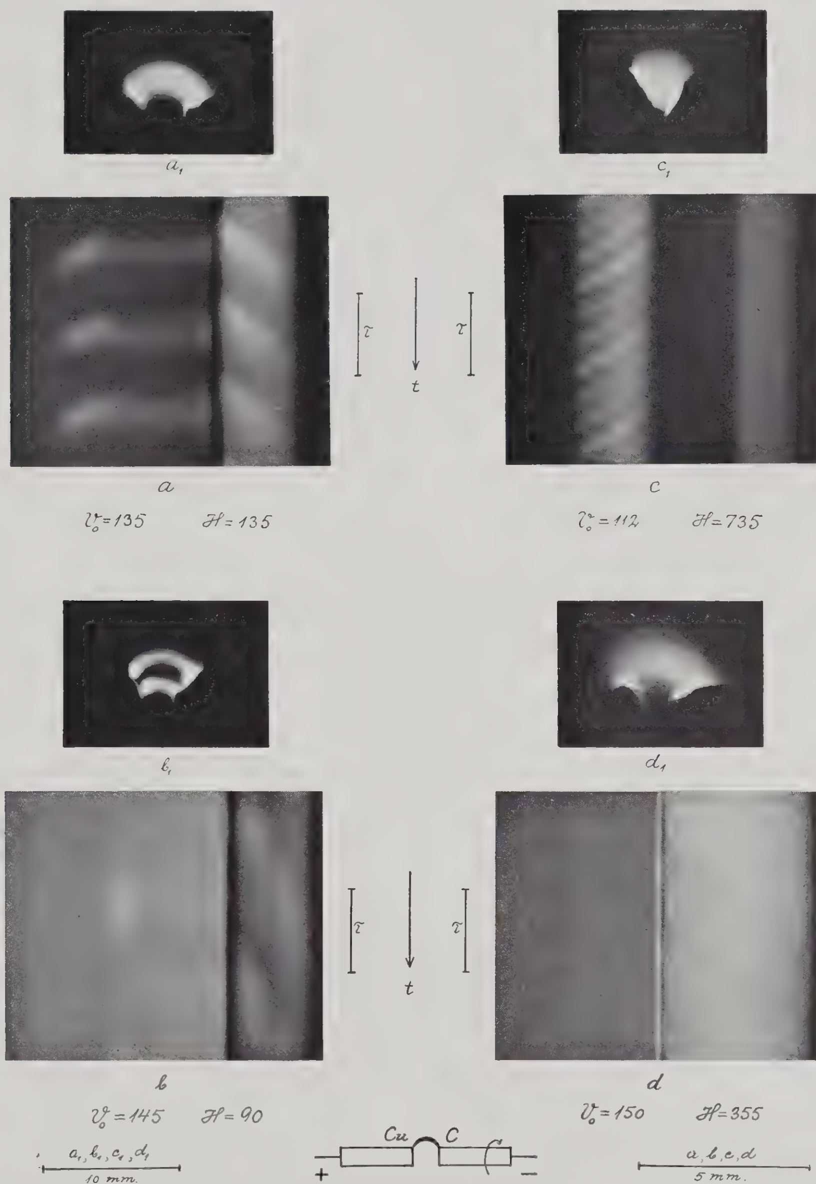


Fig. 2. Krateroscillogrammer af Buer i meget svage Magnetfelter (Belysningsgas).



Krateroscillogrammer og Profilbilleder.

Billederne a, a_1, b, b_1, og d, d_1 af Buer i Brint.

Billederne c, c_1 af Bue i Belysningsgas.

DIE GEWUNDENEN KURVEN VOM MAXIMALINDEX

AUF

EINER REGELFLÄCHE ZWEITER ORDNUNG

VON

C. JUEL

D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, naturvidensk. og mathem. Afd., 8. Række, II. 5



KØBENHAVN
HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI
1917

Das wesentlichste Merkmal zur Charakterisierung einer ebenen reellen Kurve ist ihre Ordnung, d. h. die grösste Zahl von (reellen) Punkten, welche die Kurve mit einer Geraden gemein haben kann. Seit dem Erscheinen der Abhandlung: „On the circuit of plane curves“ von Miss ANGAS SCOTT im Jahre 1902 [1]) ist es jedoch mehr und mehr anerkannt worden, dass das von ihr eingeführte Merkmal: der Index, nämlich die geringste Zahl von Punkten, welche eine Gerade mit der Kurve gemein haben kann, ein Merkmal von nicht viel geringerer Bedeutung ist. Es sind auch in den letzten Jahren mehrere darauf bezügliche Arbeiten erschienen, so von Hrn. P. FIELD [2]) und Hrn. J. v. Sz. NAGY [3]). Der letztere geht auch auf die naheliegende Erweiterung des Indexbegriffes auf die Raumkurven ein.

Die vorliegende Arbeit stellt sich die Aufgabe alle auf einer Regelfläche zweiter Ordnung liegende Kurven n ter Ordnung vom Maximalindex $n-2$ zu bestimmen. Man findet zwei Gattungen von solchen Kurven, die eine ohne, die andere mit Doppelpunkten. Ferner werden die charakteristischen Zahlen der gefundenen Kurven bestimmt; diese sind Klasse, Rang und die Zahl der aus einem Raumpunkt gehenden Doppelsekanten. Es zeigt sich hier recht auffallend, dass diese Zahlen, die sich ja für die algebraischen Kurven leicht aus der genannten Arbeit von Miss ANGAS SCOTT herleiten lassen, von dem algebraischen Charakter der Kurven völlig unabhängig sind. Einen Theil dieser Zahlen habe ich schon im Jahr 1906 in einer Arbeit: „Om Ikke-Analytiske Kurver“ gegeben, aber von einem anderen Gesichtspunkt aus [4]). Die übrigen Sätze der vorliegenden Arbeit habe ich Herbst 1914 in dem Kopenhagener Mathematiker-Verein vorgetragen, aber bis jezt liegen lassen. Die Methoden sind überall rein geometrische; bei Kurven von der hier gemeinten Allgemeinheit ist kein anderer Weg offen.

Aus einer Note in den Nachrichten der K. Gesellsch. der Wissenschaften in Göttingen, welche August 1916 datiert ist, aber erst in 1917 mir in die Hände gekommen ist, ersehe ich, dass Hr. Prof. H. MOHRMANN eine Arbeit über denselben Gegenstand wie hier zu veröffentlichen gedenkt [5]). Ich habe mich daher entschlossen auch meine Untersuchung heraus zu geben, wobei ich hoffe, dass die beiden Publikationen einander supplieren werden.

---

[1]) Transactions of the Amer. Mathem. Society Vol. 3. S. 388.

[2]) Math. Annalen, Bd. 67, S. 126 und Bd. 69, S. 218.

[3]) Math. Annalen, Bd. 77, S. 416.

[4]) Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, 7. Rk., Math. Naturv. Afd. I, 6. Auch kurz referiert im Jahresbericht d. D. M. V. 1907, Bd. 16, S. 196.

[5]) Inzwischen erschienen unter dem Titel: „Gewundene reelle Kurvenzüge beliebig hoher Ordnung ohne reelle Singularität“ in den Sitzungsbcz. der Kgl. Bayr. Akad. d. W. Math. phys. Klasse 1916, S. 201.

Januar 1917.

§ 1. Allgemeine Sätze.

Eine ebene Elementarkurve ist eine reelle, stetige und geschlossene Kurve, die aus einer endlichen Zahl von Bögen zweiter Ordnung zusammengesezt ist. Ebenso ist eine gewundene Elementarkurve reel, stetig, geschlossen und aus einer endlichen Zahl von Bögen dritter Ordnung zusammengesetzt; diese Bögen nennen wir Elementarbögen. Wir setzen ferner voraus, dass die berührende Gerade und die oskulierende Ebene mit dem Berührungspunkt sich stetig ändert.

Die in dieser Arbeit betrachteten gewundenen Kurven n-ter Ordnung sollen den Maximalindex haben, d. h. sie sollen von jeder Ebene in n oder in $n-2$ Punkten geschnitten werden, wobei immer nur reelle Punkte in Betracht kommen, und zusammenfallende Punkte wie gewöhnlich gerechnet werden.

Jede gewundene Kurve dritter Ordnung hat den Maximalindex. Das Bild der Kurve R^3 auf eine Ebene aus einem Punkt P des Raumes (ausserhalb R^3) ist eine Kurve dritter Ordnung: Eine solche hat wie bekannt entweder drei Inflexionspunkte und dann keine Doppelpunkte oder Spitzen, oder auch nur einen Inflexionspunkt und dann entweder einen Doppelpunkt oder eine Spitze, das letztere nur, wenn durch P eine Tangente der Kurve geht. Das Bild aus einem Punkt der Kurve R^3 selbst ist zweiter Ordnung.

Das wesentliche in diesen Sätzen besteht im folgenden:

(1) Wenn ein Punkt P die Tangentenfläche der Kurve R^3 überschreitet (nicht in einem Punkt der Kurve selbst), dann und nur dann ändert sich die Zahl der durch P gehenden Doppelsekanten und oskulierenden Ebenen. Die Anderung ist für die Doppelsekanten $+1$ oder -1 und gleichzeitig damit für die oskulierenden Ebenen -2 oder $+2$.

Weil eine Raumkurve dritter Ordnung auch dritter Klasse ist, lässt sich das Dualitätsprincip anwenden, was keiner näheren Ausführung bedarf.

Wir gehen jetzt zu den allgemeinen Raumkurven R^n vom Maximalindex über. Weil R^n als Elementarkurve vorausgesetzt ist, wird auch ihr Bild C^n auf eine Ebene π eine Elementarkurve sein, und jeder Punkt M' von C^n ist, wenn kein innerer Punkt eines Elementarbogens, jedenfalls ein gemeinsamer Endpunkt zweier in M' zusammenstossenden Elementarbögen. Diese zwei Bögen berühren in M' eine und die-

selbe Gerade m'. Eine in π liegende und m' beliebig naheliegende Gerade die durch M' geht, wird desshalb höchstens zwei M' beliebig naheliegende Punkte mit C^n gemein haben. Wenn das aber der Fall ist, kann man ersichtlich eine nicht durch M' gehende und m' naheliegende Gerade finden, die mit C^n höchstens einen M' naheliegende Punkt gemein hat. Jetzt sieht man leicht:

Eine oskulierende Ebene der Kurve kann nicht mehr denn drei zusammenfallende Punkte mit derselben gemein haben. (2)

Nehmen wir nämlich an, die oskulierende Ebene μ hätte in M vier zusammenfallende Punkte mit R^n gemein; μ wurde dann ausserhalb M noch höchstens $n-4$ Punkte mit R^n gemein haben. Projiciert man nun R^n aus einem von M verschiedenen Punkt von μ auf eine Ebene π, erhält man eine Kurve C^n, deren Tangente m' im Bilde M' von M ausserhalb M' höchstens $n-4$ Punkt mit C^n gemein hat. Man kann aber dem oben gesagten zufolge immer eine m' naheliegende Gerade m'_1 finden, welche höchstens einen M' naheliegenden Punkt mit C^n gemein hat, und die Gerade m'_1 würde also weniger als $n-2$ Punkte mit C^n gemein haben, was unseren Voraussetzungen wiederspricht.

Jetzt sieht man weiter:

Jeder Punkt M unserer Raumkurve R^n ist ein innerer Punkt eines Elementarbogens. (3)

Legen wir nämlich mit M' als Centrum eine Kugelfläche, und nehmen wir an, dass der innerhalb der Kugelfläche liegende Bogen von R^n sei nicht dritter Ordnung. Dann lege man eine koncentrische Kugelfläche mit dem Radius $\frac{1}{2}r$, und versuche, ob der durch dieselbe abgeschnittene Bogen dritter Ordnung sei, u. s. f. Nach einer endlichen Zahl von Versuchen muss man einen Bogen dritter Ordnung erhalten, weil sonst eine Ebene mehr als drei in M zusammenfallende Punkte mit R^n gemein haben würde.

Der obige Satz (2) kann man auch so aussprechen:

Eine Raumkurve vom Maximalindex kann keine hyperoskulierende Ebene haben. (2*)

Ferner hat man auch:

Eine Raumkurve vom Maximalindex kann keine doppelberührende Ebene haben. (4)

Hätte nämlich R^n eine doppelberührende Ebene α, dann würde das ebene Bild C^n von R^n aus einem Punkt von α eine Doppeltangente t' haben, und man könnte in der Bildebene t' naheliegende Gerade finden, welche höchstens $n-4$ Punkte mit C^n gemein haben würden.

Weil nun die Zahl der durch einen Punkt P gehenden Doppelsekanten von R^n sich infolge (4) nicht durch Überschreiten einer doppel umschriebenen Devellopablen, und infolge (2*) die Zahl der durch P gehenden oskulierenden Ebenen sich nicht durch Überschreiten einer hyperoskulierenden Ebene ändern kann, folgt aus (3), dass die Aussagen im Satz (1) nach gültig bleiben, wenn man R^3 durch R^n ersetzt.

Wir bemerken nach den folgenden kleinen Satz:

(5) Jede durch eine Tangente t von R^n gehende nicht oskulierende Ebene schneidet ausserhalb des Berührungspunktes in $n-2$ Punkten.

Projiciert man nämlich die Kurve aus einem Punkte von t (nicht aus M), erhält das ebene Bild C^n eine Spitze im Spur T von t. Eine durch T gehende in der Bildebene liegende nicht mit der Tangente in T zusammenfallende Gerade m muss nun ausserhalb T immer $n-2$ Punkte mit n gemein haben. Nicht mehr, weil die Kurve n-ter Ordnung ist, und nicht weniger, weil der Index $n-2$ ist; man sieht dies sogleich durch Betrachtung von Nachbargeraden zu m.

Weil das ebene Bild der Kurve nicht zwei Spitzen haben kann, ist ein Cuspidalpunkt auf der gewundenen Kurve nicht möglich; dagegen spricht nichts gegen das Auftreten von Doppelpunkten.

§ 2. Die zwei Gattungen von Kurven mit dem Maximalindex, die auf einer Regelfläche zweiter Ordnung liegen.

Eine Regelfläche zweiter Ordnung, oder wie wir im folgenden oft kurz sagen wollen, eine Regelfläche enthält zwei Systeme von Geraden, die wir als Erzeuger f und Erzeuger g bezeichnen wollen. Aus dem obigen Satz (4) folgt, dass ein Erzeuger f und ein Erzeuger g nicht beide die Kurve berühren können; dagegen ist es sehr wohl möglich, dass ein Erzeuger des einen Systems die Kurve berühren kann.

Wir wollen nun erst den Fall in Betracht nehmen, dass überhaupt kein Erzeuger die Kurve R^n berührt. Zwei beliebige f — und ebenso zwei beliebige g — müssen dann dieselbe Zahl von Punkten mit der Kurve gemein haben, es möge jeder Erzeuger f p Punkte und jeder Erzeuger g q Punkte mit R^n gemein haben. Zwischen diesen Zahlen besteht die Relation:

(6) $$p+q=n.$$

Betrachtet man nämlich ein Erzeuger f_1 und ein Erzeuger g_1, die beide durch denselben Punkt M von R_n gehen, dann enthält die Ebene $(f_1\, g_1)$ die Tangente in M, und wird desshalb infolge Satz (5) ausser M nach $n-2$ Punkte mit R_n gemein haben. Eine Ebene, die durch zwei bzw. f_1 und g_1 naheliegende Erzeuger geht, schneidet also R^n in n Punkten.

Man bemerke noch, dass wenn ein Erzeuger z. B. f die Kurve in den Punkten $M_1\, M_2 \ldots M_n$ schneidet, dann alle diese zusammengehörige Punkte in demselben Sinn auf der Kurve laufen müssen. Wenn nämlich M_1 in einem bestimmten Sinn laüft, muss auch z. B. M_2 dies thun, weil sonst eine Ebene (fg) in speziellen Lagen mehr als n Punkte mit R^n gemein haben würde. Dass aber M_1 und M_2 nicht

immer in entgegengesetzten Sinn laufen können, folgt daraus, dass Zusammenfall von M_1 und M_2 ausgeschlossen ist.

Wir wollen nun untersuchen, ob die hier betrachteten Kurven Doppelpunkte haben können. Hierzu gebrauchen wir den folgenden Hilfsatz:

Die Tangenten t_1 und t_2 in einem Doppelpunkt O einer auf einer (7)
Regelfläche liegenden gewundenen Kurve R vom Maximalindex trennen die zwei durch O gehenden Erzeuger der Fläche.

Projiciert man nämlich die Kurve auf eine Ebene aus einem Punkt P, welcher in der in O berührenden Ebene liegt, aber nicht in einer der Tangenten t_1 und t_2, dann gehen durch das Bild O' von O zwei sich berührende Bögen α' und β' von C^n. Diese können nicht beide auf einer und derselben Seite der in O' beide Bögen berührenden Tangente t' liegen, denn dann würde man ersichtlich zwei durch P gehende und (Ot') naheliegende Ebenen finden können, von welchen die eine die Kurve in vier Punkten mehr als die andere schneiden würde. Die Bögen α' und β' liegen also auf verschiedenen Seiten von t'. Aber t' ist das Bild eines Erzeugers f_1 und ebenso eines Erzeugers g_1, welche das O naheliegende Stück der Fläche in zwei Gebiete zerlegt, von welche das eine — wenn t' horizontal gedacht wird — oberhalb (Ot'), das andere unterhalb (Ot') liegt. Desshalb werden die O benachbarten Theile der zwei durch O gehenden Kurvenbögen α und β verschiedenen Gebieten angehören, so dass t_1 und t_2 durch f_1 und g_1 getrennt sind.

Jetzt können wir sehen:

Eine auf einer Regelfläche liegende R^n, die von keinem Erzeuger (8)
der Fläche berührt wird, hat keine Doppelpunkte.

Denken wir uns die Kurve R^n habe einen Doppelpunkt O. Es muss dann erstens sowohl p wie q mindestens zwei sein. Durch einen Punkt M_1, der in der Nähe von O auf einem der durch O gehenden Bögen α und β z. B. auf α gewählt wird, gehen zwei Erzeuger f_1 und g_1. Diese schneiden den anderen Bogen β bzw. in zwei Punkten N_1 und N_2. Einer obigen Bemerkung zufolge laufen auf der Kurve M_1 und N_1 und ebenso M_1 und N_2 in demselben Sinn; also müssen auch N_1 und N_2 von O aus auf β in demselben Sinn laufen, d. h. N_1 und N_2 müssen auf derselben Seite von O liegen. Aber konvergiert nun M_1 gegen O, dann konvergieren die Gerade ON_1 und ON_2 gegen die Kurventangenten t_1 und t_2 in O, und man sieht, dass f_1 und g_1 gegen Grenzstellungen konvergieren, die beide in einem und demselben durch t_1 und t_2 bestimmten Winkelraum fallen. Das streitet aber gegen den vorigen Satz (7), so dass unsere Kurve keine Doppelpunkte haben kann.

Wir wollen nun die zweite Möglichkeit in Betracht ziehen, wo ein Erzeuger der einen Art, sagen wir ein Erzeuger g_1, die Kurve R^n berührt. Eine beliebige durch g_1 gehende Ebene μ schneidet noch in $n-2$ von dem Berührungspunkt verschiedenen Punkten, und diese müssen auf der Geraden f_1 liegen, in der μ die Fläche noch schneidet. Jeder Erzeuger f hat also in diesem Fall $n-2$ Punkte mit der Kurve gemein. Desshalb muss jede durch f gehende Ebene μ ausserhalb f entweder keine oder auch zwei Punkte N_1 und N_2 mit R^n gemein haben. Diese

Punkte sind gegenseitig eindeutig mit einander verbunden und laufen in entgegengesetzten Sinn; das letztere folgt daraus, dass dies der Fall ist, wenn μ in der Nähe der R^n berührenden Eberne (fg_1) ist. Weil desshalb N_1 und N_2 zwei Mal zuzammenfallen müssen, hat man:

(9) Berührt ein Erzeuger g die Kurve R^n, dann giebt es zwei berührende Erzeuger g. Jeder Erzeuger f schneidet R^n in $n-2$ Punkten, während ein Erzeuger f entweder zwei (getrennte oder zusammenfallende) Punkte oder auch keinen Punkt mit der Kurve gemein hat.

Wir können nun beweisen, dass die Kurve Doppelpunkte haben muss. Durch einen beliebigen Punkt M der Kurve geht eine Gerade f, die noch in $n-3$ Punkten $N_1 N_2 \ldots N_{n-3}$ und eine Gerade g, die noch in einem Punkt P schneidet. Jedem Punkt der Kurve als ein Punkt N aufgefasst entsprechen also $n-3$ Punkte P, als ein Punkt P aufgefasst auch $n-3$ Punkte N. Wenn wir nun wüssten, dass P immer in entgegengesetzten Sinn von N laüft, dann würden P und N $2(n-3)$ Mal zusammenfallen. Aber nach einer früheren Bemerkung laüft M in denselben Sinn wie alle Punkte N, und lässt man M in einem Berührungspunkt S mit einer Geraden g seinen Lauf beginnen, sieht man M und P hier im entgegengesetzten Sinn laufen. Desshalb laufen alle Punkte N im entgegengesetzten Sinn von P. Weil nun jeder Doppelpunkt zweimal als Zusammenfallspunkt zu rechnen ist, hat man:

(10) Jede auf einer Regelfläche liegende Kurve R^n, die von zwei Erzeugern der Fläche berührt wird, hat $n-3$ Doppelpunkte.

Es giebt also zwei mögliche Gattungen von Kurven n-ter Ordnung mit dem Maximalindex auf einer Regelfläche zweiter Ordnung. Die eine, die Kurve erster Gattung hat keine Doppelpunkte, jeder Erzeuger des einen Systems schneidet die Kurve in p Punkten, jeder Erzeuger des zweiten Systems in q Punkten, wo $p+q=n$. Ob nun p und q alle mit dieser Bedingung vereinbare Werthe annehmen kann, bleibt bis weiter dahingestellt. Eine Kurve der zweiten Gattung hat $n-3$ Doppelpunkte; jeder Erzeuger des einen Systems schneidet dieselbe in $n-2$ Punkten, jeder Erzeuger des anderen Systems in zwei Punkten, oder auch schneidet sie nicht.

---

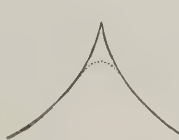
§ 3. Die Projektionen der Kurven.

Wir wollen nun die Projektionen der von uns betrachteten Kurven auf eine Ebene π bestimmen, und nehmen erst die Kurven erster Gattung. Den Augenpunkt P wählen wir auf der Regelfläche, aber ausserhalb der Kurve. Sind F und G die Spuren der durch P gehenden Erzeuger f und g, wird die Projektion eine ebene C^n, F ein p-facher, G ein q-facher Punkt derselben. Sämtliche Tangenten in F sowie in G sind getrennt. Weder durch F noch durch G gehen Tangenten, welche bzw. ausserhalb F und G berühren. Lassen wir einen Punkt einen Theil der Kurve durchlaufen von F aus, bis er wieder in F gelangt, nennen wir den

durchlaufenen Teil einen von F ausgehenden Pseudozweig der Kurve. Die zwei Tangenten derselben in F sind getrennt, indem die Kurve sich sonst in getrennte Zweige auflöst, was wir auslassen. Der Pseudozweig hat in F einen Winkelpunkt; von diesen giebt es drei Arten, die ich als Winkelpunkte erster, zweiter oder dritter Art bezeichne (siehe Fig. 1, 2 und 3). Ist l eine durch einen Winkelpunkt O gehende Gerade der Art, dass eine l beliebig naheliegende Gerade den Zweig in zwei O naheliegenden Punkten schneiden kann, dann nennt man l eine uneigentliche Tangente des Zweiges; l schneidet in diesem Fall den Zweig in zwei in O zusammenfallenden Punkten. Eine durch einen Winkelpunkt gehende Gerade, die keine uneigentliche Tangente ist, schneidet den Zweig nur einmal in O.

Es sei nun φ ein von F ausgehender Pseudozweig, der nicht durch G geht. Dieser Zweig hat ausserhalb F keinen Punkt mit der Geraden FG gemein, und F muss als ein einfacher Schnittpunkt mit dieser Geraden gerechnet werden; GF kann nämlich keine durch G gehende uneigentliche Tangente sein, denn an φ gehen jedenfalls aus G keine andere eigentliche oder uneigentliche Tangente als möglicherweise GF, aber die letztere kann aueh nicht Tangente sein, weil die Zahl der aus einem Punkt an eine Kurve ohne Spitzen gehenden eigentlichen und uneigentlichen Tangenten immer paar sein muss. Die Kurve φ ist also unpaar. Indem wir bis weiter $p > q$ voraussetzen, giebt es sicher solche unpaare Zweige φ.

Betrachten wir jetzt einen von F ausgehenden Pseudozweig ψ, der durch G geht. Wenn dies der Fall ist, kann man wieder von G aus ψ in Pseudozweige zerlegen. Von diesen wird einer und nur einer durch F gehen, weil F ein einfacher Punkt von ψ ist; die übrigen $\psi_1 \psi_2 \ldots$ müssen aber unpaar sein, was man ganz so sieht, wie bei den oben genannten Zweigen φ. Ein Zweig φ und ein Zweig ψ_1, die weder in F noch in G Punkte mit einander gemein haben, müssen desshalb einander ausserhalb F und G schneiden. Das ist aber unmöglich, denn die Kurve C^n hat ausserhalb F und G keine Doppelpunkte. Ein von F ausgehender und G enthaltender Pseudozweig ψ hat also in G keinen mehrfachen Punkt. Weil ferner GF keine aus G an ψ gehende uneigentliche Tangente sein kann — was man wieder ganz wie oben sieht — muss auch F ein einfacher Schnittpunkt von ψ mit der Geraden FG sein, so dass ψ also eine paare Kurve ist. Runden wir jetzt den Winkelpunkt F ab, so wie es in Fig. 1, 2, 3 durch punktierte Bögen hinreichend deutlich angegeben ist, erhält man aus ψ eine auch als Tangentengebilde stetige paare Kurve ohne Doppelpunkte, Spitzen und Doppeltangenten; dass durch die Abrundung keine neue Doppeltangenten auftreten, folgt daraus, dass durch F keine Tangenten an ψ gehen. Eine solche wie gesagt paare Kurve muss aber, wie ich früher angegeben habe, eine Kurve zweiter Ordnung sein[1]).


Fig. 1.

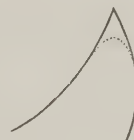

Fig. 2.


Fig. 3.

[1]) Siehe: Einleitung in die Theorie der ebenen Elementarkurven. Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, naturv. og math. Afd., XI, 2, 1914, S. 22.

Nach Aufhebung der Abrundung bleibt der Zweig immer zweiter Ordnung, erhält aber einen Winkelpunkt in F.

Betrachten wir jetzt zwei von F ausgehende G enthaltende Pseudozweige ψ_1 und ψ_2. Die zwei Paare von Tangenten in F an diese Zweige werden einander entweder trennen oder nicht trennen. Runden wir nun die in F auftretenden Winkelpunkte von ψ_1 und ψ_2 ab, dann erhalten wir im erstgenannten Falle zwei Kurven, die in F — sowie selbstverständlich auch in G — einen einfachen Punkt mit einander gemein haben. Zwei Kurven zweiter Ordnung, die einander in zwei Punkten schneiden, haben aber immer auch zwei Tangenten mit einander gemein, und diese können nicht wieder verschwinden, wenn die Abrundung aufgehoben wird, weil, wie ich wiederhole, durch F keine ausserhalb F berührende Tangenten an ψ_1 oder ψ_2 gehen. Desshalb können zwei Kurven ψ nicht vorhanden sein, denn die Kurve C^n hat keine Doppeltangenten.

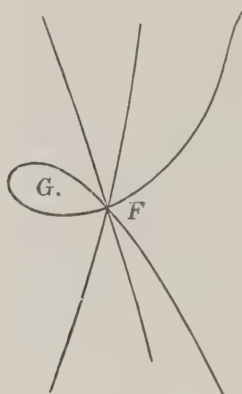


Fig. 4.

Wenn im zweiten Fall die zwei Paare von Tangenten in F einander trennen, dann kann man die Abrundungen in F so vornehmen, dass ψ_1 und ψ_2 nach der Abrundung keinen Punkt in unmittelbarer Nähe an F mit einander gemein haben. Sie schneiden ober einander in G, und müssen demnach mindestens noch einen Schnittpunkt haben. Das ist aber auch unmöglich, denn C^n hat ausser F und G keine mehrfache Punkte.

Wir haben also bewiesen, dass nur e i n von F ausgehender Pseudozweig durch G gehen kann, und dass dieser Zweig zweiter Ordnung ist.

Bei alledem haben wir freilich vorausgesetzt, dass $p > q$. Wir haben diese Voraussetzung nur dazu benutzt, um das Vorhandensein von Pseudozweigen φ zu sichern, die von F ausgeben ohne durch G zu gehen. Wenn das aber nicht der Fall ist, dann wird, eben weil $p = q$, jeder von F ausgehender und G enthaltender Pseudozweig ψ nur einmal durch G gehen, und dann bleibt alles wie vorhin, aus dem hervorgeht, dass in diesem Fall $p = q = 1$. Wenn wir also den triviellen Fall $p = q = 1$ auslassen, dann ist $p = q$ unmöglich.

Wir haben also endlich gefunden:

(11) E i n e a u f e i n e r R e g e l f l ä c h e l i e g e n d e K u r v e n-t e r O r d n u n g v o m M a x i m a l i n d e x u n d o h n e D o p p e l p u n k t e s c h n e i d e t j e d e n E r z e u g e r d e s e i n e n S y s t e m s i n $n - 1$ P u n k t e n u n d j e d e n E r z e u g e r d e s z w e i t e n S y s t e m s i n e i n e m P u n k t.

Nehmen wir nun das Projektionscentrum P auf der Kurve selbst; die Projektion C^{n-1} ist dann eine Kurve $(n-1)$ ter Ordnung, die in F einen $(n-2)$ fachen Punkt hat. Die von F ausgehenden Pseudozweige, sind theils $n-3$ unpaare, theils ein paarer, welche durch den Spur P_1 der in P berührenden Tangente geht. Weil nämlich aus P_1 keine Tangente an C^{n-1} geht, kann man in den obigen Schlüssen G einfach mit P_1 ersetzen. Dass der paare Zweig zweiter Ordnung ist, haben wir

schon gesehen. Aber es ist wesentlich noch hinzu zu fügen, dass jeder unpaarer Zweig dritter Ordnung ist. Hätte nämlich eine derselben 4 Punkte mit einer Geraden gemein, dann würde diese mit der ganzen Kurve C^{n-1} wenigstens $4+n-4=n$ Punkte gemein haben. Man hat also:

Die Projektion einer auf einer Regelfläche liegenden Kurve n-ter Ordnung vom Maximalidex und ohne Doppelpunkte aus einem Punkt der Kurve hat in einem Punkt F einen $(n-2)$ fachen Punkt und kann in $(n-3)$ von F ausgehende Pseudozweige dritter Ordnung und einen Pseudozweig zweiter Ordnung zerlegt werden. (12)

Wir gehen nun zu den Kurven R^n mit Doppelpunkten über. Hier ist die Sache insofern wesentlich einfacher, als wir in diesem Fall im Voraus wissen, dass alle Erzeuger des einen Systems, sagen wir alle Erzeuger f die Kurve in $n-2$ Punkten schneiden, während ein Erzeuger g entweder keinen, oder auch zwei Punkte mit R^n gemein hat. Wir wollen die Projektion C^{n-1} der Kurve aus einem Punkt P der Kurve selbst untersuchen. Dieselbe hat in der Spur F des durch P gehenden Erzeugers f_1 einen $(n-3)$ fachen Punkt, und geht sowohl durch die Spur G des durch P gehenden Erzeugers G, sowie auch durch die Spur P_1 der in P berührenden Tangente. Indem wir nun wie früher C^{n-1} in Pseudozweige zerlegen, die von F ausgehen, wird von diesen ein Pseudozweig durch G und ebenso ein durch P_1 gehen. Wir können aber zeigen, dass diese zwei zusammenfallen müssen. Aus G geht nämlich, weil kein f die Kurve berührt, keine andere eigentliche Tangenten an C^{n-1} als die zwei zusammenfallenden, die in G berühren. Weil nun jedenfalls die Zahl der aus einen Punkt gehenden (eigentlichen und uneigentlichen) Tangenten paar sein muss, kann die Gerade GF keine uneigentliche Tangente in F sein, d. h. es soll F als Schnittpunkt der Geraden GF mit einer beliebigen der genannten Pseudozweige als ein einfacher Schnittpunkt gerechnet werden. Die Punkte F, G und P_1 liegen in einer Geraden. Wenn nun der durch G gehende Pseudozweig φ_1 nicht durch P_1 gehen würde, dann wäre φ_1 paar und alle übrigen Pseudozweige unpaar. Wenn also φ_1 nicht durch P_1 geht, wird eine durch P_1 gehende und F naheliegende Gerade φ_1 in zwei Punkten, den durch P_1 gehenden unpaaren Pseudozweig in mindestens drei Punkten und die übrigen in mindestens $n-5$ Punkten schneiden. Das ist aber unmöglich, weil C^{n-1} $(n-1)$ ter Ordnung ist. Der Zweig φ_1 geht also durch beide Punkte G und P_1 und muss auch unpaar sein. C^{n-1} lässt sich also in $n-3$ unpaare von F ausgehenden Pseudozweige zerlegen, und alle diese müssen dritter Ordnung sein;

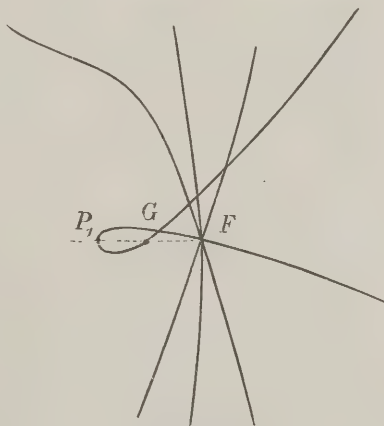


Fig. 5.

eine Gerade, die vier Punkte mit einem der Zweige gemein hätte, würde nämlich $4+n-4=n$ Punkte mit C^{n-1} gemein haben. Aber wir sehen nochmehr, dass der

durch G und P_1 gehende Pseudozweig einen Doppelpunkt haben muss. Aus einem beliebigen Punkt M einer Kurve dritter Ordnung φ gehen nämlich, wenn keine Winkelpunkte oder Doppelpunkte vorhanden sind, immer zwei Tangenten an φ, welche (wenn M kein Inflexionspunkt ist) ausserhalb M berühren. Hier hat die Kurve φ_1 freilich einen Winkelpunkt F, aber MF ist nur einmal als uneigentliche Tangente zu rechnen. Weil nun aus G keine ausserhalb G berührende Tangente an φ_1 gebt, muss diese einen Doppelpunkt haben, und G auf dem φ_1 zugehörigen Oval liegen. Aber dann muss auch P_1 auf dem Oval liegen, weil F jedenfalls dem Oval nicht angehören kann. Kein anderer Zweig als φ_1 kann einen Doppelpunkt haben denn die Verbindungssgraden zweier solchen würde $4 + 2 + n - 5 = n + 1$ Punkte mit C^{n-1} gemein haben.

Wir haben also bewiesen:

(13) Die Projektion einer auf einer Regelfläche liegenden Kurve n-ter Ordnung vom Maximalindex und mit Doppelpunkten aus einem Punkt der Kurve hat einen $n-3$ fachen Punkt F und lässt sich in $n-3$ von F ausgehende Pseudozweige dritter Ordnung zerlegen, von welchen ein und nur ein einen Doppelpunkt hat.

---

§ 4. Die charakteristischen Zahlen der Kurven.

Die charakteristischen Zahlen einer Elementarkurve sind dieselben, die man die Plückerschen Zahlen der algebraischen Kurven nennt, wenn man nur reelle Elemente in Betracht zieht. Die Klasse n' ist also die grösste Zahl der durch einen Punkt des Raumes gehenden oskulierenden Ebenen; ebenso sind Ordnung n, Rang r und h zu definieren; h ist die grösste Zahl der durch einen Punkt des Raumes gehenden Doppelsekanten. Zugleich werde ich im folgenden angeben, welche Werthe kleiner als den Maximalwerth die angegebenen Zahlen annehmen können. Die Zahlen lassen sich für die algebraischen Kurven einfach aus der in der Einleitung genannten Abhandlung von Miss Angas Scott ableiten; es zeigt sich aber sehr hübsch, dass ihre Bestimmung von dem algebraischen Charakter der Fläche gänzlich unabhängig ist.

Wir wollen zuerst die Zahl der durch einen Punkt P gehenden Doppelsekanten finden, und müssen uns demnach erst klar machen, wo und wie sieh diese Zahl mit der Lage von P ändert. Hier wo keine doppel umgeschriebene Devellopable und keine hyperoskulierende (stationäre) Ebene vorhanden ist, kann die Zahl sich nur ändern, wenn P die Tangentenfläche der Kurve entweder in einem allgemeinen Punkt oder in einem Punkt M der Kurve R^n überschreitet. Die Tangente in M nennen wir m. Durch Überschreiten der Tangentfläche in einem nicht in R^n liegenden Punkt, wird eine durch P gehende Doppelsekante gewonnen oder verloren,

wie wir früher in § 1 gesehen haben. Lassen wir nun P die Kurve in einem Punkt M überschreiten, indem P sich z. B. einer Geraden l entlang fortbewegt. Jene Doppelsekanten, deren Schnittpunkte mit der Kurve beide in endlicher Entfernung von M liegen, werden hierdurch nicht gestört. Aber jene Doppelsekanten, von deren Schnittpunkten mit R^n der eine gleichzeitig mit P nach M konvergiert, werden nach jenen Geraden konvergieren, die M mit den von M verschiedenen Schnittpunkten der Kurve mit der Ebene (lm) verbinden. Ebenso viele Doppelsekanten trennen sich aus, wenn P einer Geraden l entlang sich, in dem einen oder in dem anderen Sinn, von M entfernt. Ersetzt man l durch die Tangente m, hat man die Ebene (lm) durch die in M oskulierende Ebene zu ersetzen.

Denken wir uns nun P auf der Kurve R^n liegend, und betrachten wir erst die Kurve ohne Doppelpunkte. Durch P geht dann eine $(n-2)$ fache Doppelsekante und keine andere Doppelsekanten. Geht nun P von der Kurve aus einer Tangente m entlang, trennen sich $\frac{1}{2}(n-2)(n-3)$ Doppelsekanten aus; aber dazu kommen noch $n-3$ neue Doppelsekanten, weil die in M oskulierende Ebene ausserhalb M noch $n-3$ Punkte mit R^n gemein hat. Man erhält so, wenn man die durch P gehende Tangente m nicht mitrechnet, $\frac{1}{2}(n-2)(n-3)+n-3=$

$$\frac{1}{2}n(n-3)$$

Doppeltangenten aus einem Punkt der Tangentenfläche. Weil P dem früheren zufolge aus einem beliebigen Punkt des Raumes zur Tangentenfläche gelangen kann, oder dass dabei sich die Zahl der durch P gehenden Doppelsekanten ändert, hat man also:

Aus einem beliebigen Punkt des Raumes gehen an eine R^n ohne Doppelpunkte entweder $\frac{1}{2}n(n-3)$ oder auch $\frac{1}{2}n(n-3)+1$ Doppelsekanten. (14)

Betrachten wir nun die Kurve R^n mit Doppelpunkten. Hier ist der einzige Unterschied vom obigen der, dass man den $n-2$ fachen Erzeuger durch einen $n-3$ fachen zu ersetzen hat. Man erhält so $\frac{1}{2}(n-3)(n-4)+n-3=$

$$\frac{1}{2}(n-3)(n-2)$$

Doppelsekanten, die durch einen allgemeinen Punkt der Tangentenfläche gehen. Also hat man:

Aus einem beliebigen Punkt des Raumes gehen an eine R^n mit Doppelpunkten entweder $\frac{1}{2}(n-2)(n-3)$ oder auch $\frac{1}{2}(n-2)(n-3)+1$ Doppelsekanten. (15)

Die Projektion der Kurve R^n hat also dieselbe Zahl von Doppelpunkten, gleichviel, ob R^n im Raume Doppelpunkte hat oder nicht.

Wir wollen nun die Zahl e' der durch einen Punkt P gehenden Oskulationsebenen bestimmen. Aus dem in § 1 gesagten folgt, dass eine Änderung in der Zahl e' nur durch Überschreiten der Tangentenfläche ausserhalb der Kurve stattfinden kann. Betrachten wir nun erst die Kurve ohne Doppelpunkte. Die Projektion derselben aus einem Punkt der Kurve haben wir früher in $n-3$ von einem Punkt F aus-

gehende Pseudozweige dritter Ordnung und einen Pseudozweig zweiter Ordnung zerlegt. Alle diese haben in F einen Winkelpunkt. Es giebt aber, wie schon oben bemerkt, drei Arten von Winkelpunkten. Rundet man dieselben ab, so wie es in Fig. 1, 2, 3 (S. 9) durch punktierte Bögen angedeutet ist, so enstehen in der Nähe von F zwei Inflexionspunkte, wenn der Winkelpunkt erster Art ist, einen, wenn der Winkelpunkt zweiter, aber keinen, wenn dieser dritter Art ist. Weil nun eine stetige und geschlossene Elementarkurve dritter Ordnung ohne Doppelpunkte und Winkelpunkte immer drei Inflexionspunkte hat, wird eine Kurve dritter Ordnung mit einem Winkelpunkt erster, zweiter oder dritter Art bzw. einen, zwei oder drei Inflexionspunkte haben. Ferner sieht man, dass aus F an die Kurve dritter Ordnung entweder keine, eine oder zwei ausserhalb F berührende Tangenten gehen, jenachdem F ein Winkelpunkt erster, zweiter oder dritter Art ist.

Man sieht nun, dass in unserem Fall der Punkt F ein Winkelpunkt erster Art auf jedem Pseudozweig sein muss, denn aus F gehen keine Tangenten an C^{n-1} und also auch keine an einen Zweig von C^{n-1}. Weil der Zweig zweiter Ordnung keinen Inflexionspunkt haben kann, wird C^{n-1} also $n-3$ Inflexionspunkte haben. Aus einem Punkt M der Raumkurve R^n gehen also $n-3$ ausserhalb M berührende oskulierende Ebenen. Wenn nun ein Punkt P sich von M aus auf der in M berührenden Geraden m bewegt, treten im ersten Augenblick eine neue Oskulationsebene hervor; man sieht dies sogleich, wenn man durch m eine R^n nicht oskulierende Ebene μ liegt, denn der Schnitt von μ mit der Tangentenfläche der Kurve hat in M einen Inflexionspunkt. Aus jedem allgemeinen Punkt P der Tangentenfläche gehen desshalb, wenn die m enthaltende oskulierende Ebene nicht mitgerechnet wird, $n-2$ oskulierende Ebenen. Weil man nun aus jedem Punkte des Raumes an die Tangentenfläche ohne Änderung von e' gelangen kann, ist e' überall entweder n oder $n-2$.

Dasselbe Resultat erhält man auch, wenn R^n Doppelpunkte hat. Der Unterschied ist nur der, dass hier die Projektion der Kurve aus einem Punkt derselben, sich in $n-3$ von F ausgehenden Pseudozweige zerlegt. Von diesen hat der eine φ_1 einen Doppelpunkt und einen Winkelpunkt F aus dem zwei ausserhalb F berührende Tangenten gehen. Es hat dann φ_1 einen Inflexionspunkt, und die übrigen auch je einen, was man ganz wie im ersten Fall sieht. Man hat also:

(16) Aus einem Punkt des Raumes gehen an die Kurve entweder n oder $n-2$ oskulierende Ebenen, gleichviel ob die Kurve Doppelpunkte hat oder nicht.

Endlich wollen wir die Zahl r der Kurventangenten finden, welche eine Gerade l des Raumes schneiden, und betrachten die Kurve ohne Doppelpunkte:

Erstens nehmen wir an, dass l durch einen Punkt M der Kurve geht. Die Projektion C^{n-1} derselben aus M auf eine Ebene π kennen wir, und es kommt darauf an die Klasse von C^{n-1} zu bestimmen. Wenn aber ein Punkt Q sich in π bewegt, kann die Zahl der durch P gehenden Tangenten sich nur dann ändern, wenn Q entweder C^{n-1} oder eine Wendetangente derselben überschreitet.

Aus einem Punkt Q_1 im Inneren des paaren Pseudozweiges gehen keine Tangenten an C^{n-1} — eine solche würde $2+3+n-5=n$ Punkte mit C^{n-1} gemein haben. Verbindet man Q_1 mit einem beliebigen Q von π durch eine Gerade p, schneidet diese die Kurve in $n-1$ Punkten und die Wendetangenten derselben in $n-3$ Punkten. Wenn Q der Geraden l entlang von Q_1 ausgeht und wieder zu Q_1 zurückkommt, mögen x Mal zwei durch Q gehende Tangenten gewonnen und y Mal zwei verloren werden. Man hat dann

$$x-y=0, \quad x+y=2n-4,$$

also $x=y=n-2$. Die grösste Zahl den r durch Q gehenden Tangenten erhalt man, wenn die x Schnitpunkte auf einander folgen; man hat also $r<2n-4$. Aber dieses Maximum kann auch erreicht werden. Den Punkt Q_1 innerhalb des paaren Zweiges können wir nämlich so nahe an F wählen, dass es einen Sinn hat zu sagen, dass Q_1 auf der konvexen oder auf der nicht konvexen Seite eines durch F gehenden Kurvenbogens liegt. Durch einen Punkt in der Nähe eines Kurvenbogens auf dessen konvexen Seite gehen zwei Tangenten an den Bogen, sonst keine. Durch Q_1 gehen nun keine Tangenten an C^{n-1}, und Q_1 muss deshalb auf der nicht konvexen Seite jedes durch F gehenden Bogens liegen. Der zu Q_1 in Beziehung zu F symmetrische Punkt Q_2 liegt desshalb auf der konvexen Seite der Bögen, und durch Q_2 gehen demnach $2n-4$ Tangenten an C^{n-1}. Drehen wir die Gerade Q_2F einen kleinen Winkel um Q_2 in l_2, dann wird ein Punkt P, indem er die Gerade l_2 durchläuft, jeden durch F gehenden Bogen einmal schneiden, und man sieht, dass durch P 2, 4, 6 ... $2n-4$ Tangenten an C^{n-1} gehen, jenachdem P einen, zwei ... oder auch $n-2$ Kurvenbögen überschritten hat. Indem wir die Gerade Q_2M einen kleinen passend gewählten Winkel um Q_2 drehen, sieht man, dass es Gerade des Raumes giebt, die von 2, 4 ... $2n-2$ Kurventangenten geschnitten werden.

Zweitens betrachten wir eine in einer oskulierenden Ebene μ liegende Gerade l. Diese möge die in μ liegende und in M berührende Tangente in einem Punkt N schneiden. Die Ebene μ schneidet R^n ausser in M noch in $n-3$ anderen Punkten $M_1, M_2 \ldots M_{n-3}$, und durch N gehen infolge (16) ausser μ nach $n-3$ oskulierende Ebenen $\mu_1 \mu_2 \ldots \mu_{n-3}$. Wir drehen jetzt in μ eine Gerade l um N. Die Zahl der l schneidenden Tangenten kann sich nur ändern, wenn l entweder eine der Geraden NM_r oder eine der Geraden $(\mu\mu_r)$ überschreitet, und zwar werden hierdurch entweder zwei schneidende Tangente gewonnen oder verloren. Indem l sich 360° um N dreht, mögen an x Stellen zwei schneidende Tangenten gewonnen und an y Stellen verloren werden. Man hat dann

$$x-y=0, \quad x+y=2n-6,$$

also $x=n-3$. Weil nun die Projektion von R^n aus N eine Spitze im Bilde von M haben wird, sieht man, dass eine in μ liegende Gerade ausser l höchstens $2(n-3)+2$ Tangenten der Kurve schneiden kann.

Es sei endlich l eine beliebige Gerade des Raumes. Durch l lege man eine

feste Ebene λ, in l wähle man einen festen Punkt N. Drehen wir eine Gerade l in λ um N, kann die die Zahl der l schneidenden Tangenten sich nur dann ändern, wenn l entweder ein Verbindungsgrade von N mit einem Schnittpunkt von R^n mit λ, oder wenn sie eine durch N gehende oskulierende Ebene überschreitet. In jedem diesen Fällen geht aber dem obigen zufolge die genannte Zahl entweder von $2n-4$ zu $2n-2$ — oder umgekehrt — oder auch sind die Zahlen kleiner. Hieraus folgt, dass keine Gerade l des Raumes mehr denn $2n-2$ Tangenten der Kurve schneidet.

Die Kurve mit Doppelpunkten lässt sich mit geringfügigen Änderungen ganz ebenso behandeln. Man muss nur den oben mit Q bezeichneten Punkt, der dort innerhalb des paaren Zweiges gewählt war, hier innerhalb des Ovales eines von F ausgehenden unpaaren Zweiges wählen.

Man hat also:

(17) Eine Gerade des Raumes schneidet höchstens $2n-2$ Tangenten der Kurve; es giebt aber Gerade, welche von $0, 2, 4, 6 \ldots 2n-2$ Kurventangenten geschnitten werden.

Die zwei ganz verschiedenen Gattungen von Kurven n-ter Ordnung vom Maximalindex auf einer Regelfläche zweiter Ordnung haben also dieselbe Klasse und denselben Rang.

---

§ 5. Die Existenz der Kurven.

In § 2 haben wir die zwei möglichen Gattungen von Kurven n-ter Ordnung vom Maximalindex angegeben, die auf einer Regelfläche zweiter Ordnung liegen können. Aber wir mangeln nach die umgekehrten Sätze darzuthun, nämlich:

(18) Jede auf einer Regelfläche zweiter Ordnung liegende Kurve n-ter Ordnung, die von jedem Erzeuger f den einen Systems in $n-1$ Punkten geschnitten wird, ist vom Maximalindex

und

(19) Jede auf einer Regelfläche zweiter Ordnung liegende Kurve n-ter Ordnung, die von jedem Erzeuger f des einen Systems in $n-2$ Punkten, und von jedem Erzeuger des anderen Systems entweder in zwei Punkten oder auch in keinem Punkt geschnitten wird, hat den Maximalindex.

Man hat um diese Sätze zu beweisen nur zu zeigen, dass zwei Tangenten mit getrennten Berührungspunkten einanden nicht schneiden können, und dass die Kurve keine hyperoskulierende Ebene haben kann.

Betrachten wir erst eine Kurve R^n der ersten Gattung und bilden wir die Projektion C^{n-1} derselben aus einem Punkt P der Kurve. Diese hat in dem oft

früher genannten Punkt F einen $n-1$-fachen Punkt und geht einmal durch die Spur P_1 der in P berührenden Geraden. Aus dem auf der Geraden FP_1 liegenden Punkt G gehen keine Tangente an C^{n-1}, desshalb wird die Gerade GF keine uneigentliche Tangente an irgend eine der von F ausgehenden Pseudozweige sein. Aus den Entwickelungen in § 3 folgt dann, dass alle diese Pseudozweige unpaar und zwar dritter Ordnung sind mit Ausnahme des einen, durch P_1 gehenden. Dieser letztere muss zweiter Ordnung sein, und aus P_1 kann keine Tangente an C^{n-1} gehen, weil eine solche mehr denn $n-1$ Punkte mit C^{n-1} gemein haben würde. Die Tangente in P kann also keine andere nicht in P berührende schneiden. Ferner kann P_1 kein Inflexionspunkt sein, weil dieser Punkt auf einem Pseudozweig zweiter Ordnung liegt; es kann desshalb in P keine hyperoskulierende Ebene berühren.

Die Kurve R^n der zweiten Gattung lässt sich ganz ebenso behandeln, denn die Bestimmung der Projektion C^{n-1} derselben aus einem Punkt P der Kurve wurde in § 3 ganz unabhängig von einer Voraussetzung über den Index geführt. Desshalb liegt die Spur P_1 der Tangente in P auf einem Oval eines Pseudozweiges dritter Ordnung und aus P_1 kann keine Tungente an C^{n-1} gehen, weil eine solche mehr denn $n-1$ Punkte mit C^{n-1} gemein haben würde. Dass R^n auch hier keinen stationären Punkt haben kann, sieht man ganz wie im ersten Fall.

Die Sätze (18), (19) sind nun vollständig bewiesen.

Alles, was wir bis jetzt in dieser Arbeit gesagt haben, ist von dem algebraischen Charakter der Kurven unabhängig. Jetzt wollen wir uns bis weiter an den algebraischen Gebilden halten, und in diesem Fall die Existenz der oben genannten Kurven vom Maximalindex darthun. Wir werden dabei eine Kurve R^n als Schnittkurve einer Regelfläche zweiter Ordnung und einer Kegelfläche auffassen. Das Centrum der letzteren liegt auf der Regelfläche und deren Spur ist eine der im vorigen betrachteten Kurven C^{n-1}. Diese sind Kurven $(n-1)$-ter Ordnung und haben in einem Punkt F einen mehrfachen Punkt der $(n-2)$-ten oder der $(n-3)$-ten Ordnung jenachdem wir eine Kurve R^n der ersten oder der zweiten Gattung in Betracht ziehen. Die besondere Eigenschaft, die man noch von den Kurven C^{n-1} zu verlangen hat, ist die, dass sie keine Doppeltangenten haben müssen. Aber aus den Entwickelungen in § 3 folgt, dass die Zerlegung einer C^{n-1} in Pseudozweige dritter oder zweiter Ordnung sich durchführen lässt, wenn nur die Existenz eines solchen Punktes G feststeht, dass aus G keine ausserhalb G berührende Tangenten gehen.

Betrachten wir nun erst die Kurven erster Gattung. Hier hat man für $n=3$ schon eine gesuchte Kurve C^{n-1} in einem Kegelschnitt. Denken wir nun, wir haben schon eine Kurve $(n-1)$-ter Ordnung mit den gewünschten Eigenschaften. Dieselbe hat einen $(n-2)$-fachen Punkt F, und es existiert ein Punkt G ausserhalb der Kurve, aus dem keine Tangenten an C^{n-1} gehen. Aus dieser Kurve können wir durch eine Transformation eine Kurve n-ter Ordnung mit denselben Eigenschaften ableiten: Man braucht nämlich nur eine involutorische kvadratische Trans-

formation erster Art[1]) zu applizieren, deren Hauptpunkte F, G und ein beliebiger ausserhalb C^{n-1} gewählter Punkt sind.

Die Projektion einer Kurve R^n zweiter Gattung aus einem Punkt der Kurve hat man für $n=3$ in einer beliebigen ebenen Kurve dritter Ordnung mit einem Doppelpunkt, indem man F in dem unpaaren Pseudozweig und G in dem Oval der Kurve wählt. Hat man nun eine Kurve C^{n-1} mit den genannten Eigenschaften, dann existiert auf der Kurve ein Punkt G, aus dem keine ausserhalb G berührende Tangenten gehen. Transformiert man diese Kurve durch eine involutoriske kvadratische Transformation ganz wie im ersten Fall, dann erhält man eine Kurve n-ter Ordnung mit den gewünschten Eigenschaften.

Ist nun P ein beliebiger Punkt im Raume, und legt man eine Regelfläche zweiter Ordnung durch PF und PG, wird diese von der Kegelfläche $(P \cdot C^{n-1})$ in einer Kurve n-ter Ordnung vom Maximalindex.

Offenbar erhält man so jede solche Kurve auf einer Regelfläche zweiter Ordnung.

Wenn man eine auf einer Regelfläche ψ liegende algebraische Kurve vom Maximalindex hat, dann kann man offenbar aus ihr eine nicht analytische vom Maximalindex ableiten. Man braucht nur einen Elementarbogen α der algebraischen Kurve durch einen ganz beliebigen auf ψ liegenden und dem Restbogen β sich anschmiegenden Bogen α' zu ersetzen, wobei man nur zu beobachten hat, dass keine Tangente an α' eine Tangente an α oder an β schneidet. Weil eine Tangente an α und eine an β einander nicht schneiden, ist diese Bedingung leicht zu befriedigen.

Es existieren also sicher auch nicht analytische Kurven R^n n-ter Ordnung vom Maximalindex auf einer Regelfläche zweiter Ordnung.

Besonderes Interesse knüpft sich an die analytischen Kurven R^n, die nicht algebraisch sind. Hier sind doch die Schwierigkeiten der Herstellung grösser, und nur für $n=3$ und $n=4$ kommt man leicht durch. Für $n=3$ hat man ein Oval zu finden, das von jedem durch einen Punkt F des Ovales und einen Punkt G ausserhalb desselben gehenden Kegelschnittes ausser in F naeh höchstens in drei Punkten geschnitten wird. Ein solches Oval erhält man aber mittelst eines elliptisch gekrümmtes Oval. Ein solches hat mit jedem Kegelschnitt, der durch einen unendlich fernen Punkt geht, höchstens vier Punkte gemein. Durch eine lineare und duale Transformation derselben erhält man also eine Kurve zweiter Ordnung, die mit jedem durch einen inneren Punkt der Kurve gehenden Kegelschnitt höchstens vier Tangenten und also auch höchstens vier Punkte gemein hat. Aus diesem Oval erhält man die Kurve C^3, welche zur Herstellung der Raumkurven R^4 zu benutzen sind, mittelst den oben genannten kvadratischen Transformationen, aber ohne neue Ansätze kann man nicht weiter kommen.

---

[1]) d. h. eine kvadratische Transformation, wo jedem Hauptpunkt die gegenüberliegende Seite des Hauptdreiecks entspricht.

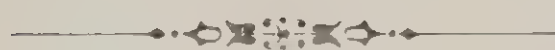
OM
JORDUDLØBERE

AF

EUG. WARMING

WITH A RÉSUMÉ IN ENGLISH

D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, naturvidensk. og mathem. Afd., 8. Række II. 6



KØBENHAVN
HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI
1918

UDGIVET PAA CARLSBERGFONDETS BEKOSTNING

I Aarene 1875—80 foretog jeg Udsæd af en Mængde Frø i vor Botaniske Have for at følge Udviklingen fra Spiringen og videre; min Protokol omfatter over 900 Numre. I Stockholm havde jeg ingen botanisk Have til min Raadighed, og Forholdene gjorde overhovedet, at den større Afhandling, som jeg havde planlagt, maatte henlægges; dog benyttede jeg en Del af mine Iagttagelser og Tegninger til den lille Afhandling, der udkom 1884 paa Opfordring af Naturhistorisk Forenings Bestyrelse til at give et Bidrag til Foreningens Festskrift. Denne Afhandling: „Om Skudbygning, Overvintring og Foryngelse" betragtede jeg som en Forløber for den større og fyldigere. Men naar bortses fra, at jeg lejlighedsvis og spredt gennem Aarene indtil nyeste Tid har gjort flere andre Undersøgelser over samme Emne, har jeg paa Grund af Embedsgerning og andre Arbejder ikke faaet noget større, sammenhængende Arbejde udarbejdet. Meget af det tidligere indsamlede er nu antikveret, og det hele Arbejde vil vel af mange blive betragtet som gammeldags, ikke „moderne"; andre og nu paa Udbytte rigere Baner er blevne aabnede i Mellemtiden. Jeg tror dog, at det er med Urette, hvis nogen betragter saadanne morfologiske, biologiske og økologiske Studier som dem, der dreves for halvtreds—tredsindstyve Aar siden af Mænd som Irmisch, Al. Braun o. a., for nu til Dags slet ikke tidssvarende; de har endnu deres Værdi og kan stille Spørgsmaal og give Anledning til Forsøg, som Fysiologerne maa anstille.

En Aarsag til, at det paatænkte Arbejde aldrig kom til Afslutning, var det ogsaa, at det gerne skulde illustreres med mange Billeder, men Udgifterne hertil vilde ved de tidligere Reproduktionsmetoder blive uoverkommelig store; nu er dette ganske anderledes.

Jeg har taget mine Optegnelser og Tegninger frem til det Afsnit, der omhandler en Række Typer, som foruden andre omtales i Gruppe 11 og 12 S. 61—84 i nævnte Afhandling fra 1884, de Livsformer, der har underjordiske, vandrende Skud, hvilke jeg dog nu deler i flere Grupper end den Gang. Med et fælles Navn kan de kaldes Jordstængler, og de Typer, som jeg her mener at maatte skelne mellem, er navnlig fire: Jordudløbere, Rodstokke og dem, som jeg foreløbig ikke kan benævne ved andet Navn end Rhizoder (d. e. rodlignende Stængler), samt „Mellemstokke".[1])

[1]) En Indholdsoversigt over den følgende Afhandling findes ved dens Slutning.

Navnet „Jordudløber“ anvender jeg til Betegnelse af lange og langleddede, tynde, i det hele vandrette eller noget skraat voksende, rodslaaende, underjordiske, derfor blege, Lavbladstængler, der grener sig ganske uregelmæssig, og hvis vigtigste biologiske Opgave er at sørge for Planternes Vandring og Formering. Endvidere maa fremhæves, at jeg ikke kender nogen Jordudløber, der anlægges umiddelbart ved Primskuddets Omdannelse. De findes i Litteraturen ofte kaldt Rodstokke (Rhizomer), men med Urette. Der hersker en beklagelig Forvirring i Navnegivningen af Jordstænglerne[1]).

Som et 1ste Eksempel paa Jordudløbere vil jeg henvise til *Asperula odorata* L. En Kimplante er afbildet Fig. 1[2]). De omtr. aflangt-ægdannede Kimblade (Fig. *A*, *C*) hæves op over Jorden som grønne Løvblade og ses visnede paa Fig. *B* (*cot*). Efter dem følger paa en straktleddet Stængel først 4-tallige, senere 6-tallige Kranse af Blade. Fra hver af Kimblad-Akslerne udvikles to, serialt lodret over hinanden stillede Skud, af hvilke i det afbildede Tilfælde (*B*) det øvre er Løvskud, som vender sig opad, det nedre er Lavbladskud, der vender sig nedad, trænger ned i Jorden og bliver Jordudløber. Kimplanter, som kun er faa Maaneder gamle, kan have talrige Skud baade over og under Jorden, og Jordudløberne kan allerede være grenede og have naaet en Længde paa 30—40 cm.

Jordudløberne breder sig vandret over store Strækninger i den muldrige Skovjord og mellem det løse Bøgeløv, og Enderne af dem bøjer sig før eller senere opad (*D*) og bliver over Jorden til enlig stillede, sparsomt grenede Lys-Skud. De er straktledede (Leddene indtil 6—8 cm lange), tynde, gullige eller brunlige Lavbladskud; Bladene viser sig i Regelen som smaa 6-tallige Kranse af lige store Tænder. Enderne af Udløberne er oftest, men ikke altid, krogbøjede (nuterende; Fig. *B*). Udløberne grener sig meget stærkt, dog udgaar der kun een Gren for hver Bladkrans, men Greningen kan være saa stærk, at jeg har set en 4 Maaneder gammel Kimplante i September have over 50 underjordiske Grenender, og en Kimplante, som var 1 Aar gammel, havde i April store Mængder af Underjordsskud i alle Udviklingstrin.

Primroden er ubetydelig (*B*, *C*) og taber snart al Betydning overfor den store Mængde af fine Rødder, der i Reglen staar i et Antal af 3—4 paa Stænglernes flade Sider nedenfor hver Bladkrans, og som udgaar til alle Sider. Den Dybde, i hvilken Jordudløberne ligger, er oftest kun 1—3 cm.

Løvskuddene overvintrer som bekendt i grøn Tilstand. Allerede i Marts kan man se Endeknopper af Udløbere komme frem over Jorden og grønnes. Ombøjningsleddet mellem et Skuds under- og overjordiske Del er ikke tykkere end de øvrige Dele (*D*); Lysskud kan udvikle sig fra det.

---

[1]) En Litteraturliste findes ved Afhandlingens Slutning. Af den store Litteratur anfører jeg kun det vigtigste, særlig skandinaviske Arbejder. Henvisning til Listen gøres ved Afhandlingens Aarstal.

[2]) Alle Billederne er tegnede af mig selv.

Ikke altid er Greningen af Kimplanten fuldstændig som hos den afbildede; slige Enkeltheder kan ikke medtages her.

Yderligere hos Sylvén S. 70.

Jordudløberne hos Asperula kan altsaa tjene som Eksempel paa denne Skudtype, saaledes som jeg mener, at den bør begrænses. I Regelen vil den blive kaldt „Stolon“, men dette Navn anvendes endnu hyppigere for og bør reserveres Overjords-Udløbere (som man for Kortheds Skyld maaske kan kalde „Lys-Udløbere“ [1]). Jordudløbernes biologiske Opgave er at være „Vandre-Skud“, d. e. sørge for Plantens Vandring, samt oftest desuden for dens Ernæring. Deres Varighed er forskellig, men i Regelen højst kun meget faa Aar, hvad nærmere vil blive omtalt i det følgende. Det væsentligste er de foran fremhævede Ejendommeligheder.

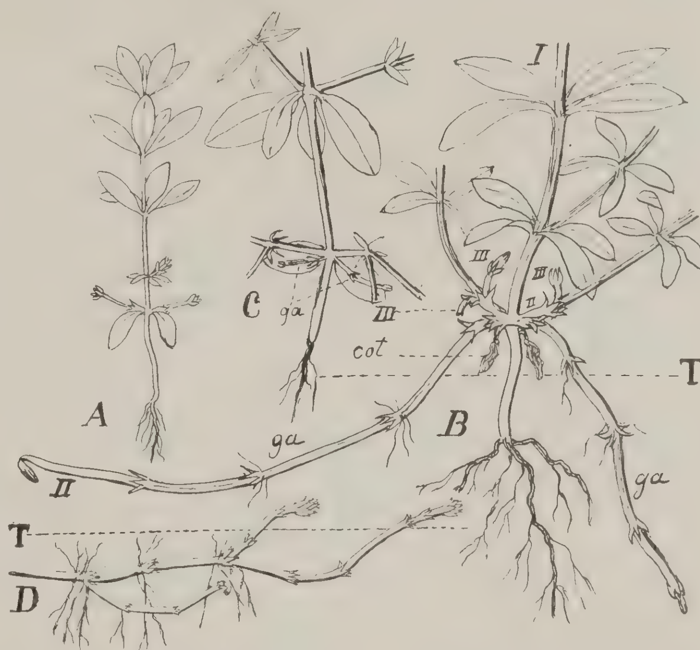


Fig. 1. *Asperula odorata* (form.). *A*, en hel Kimplante; fra Kimbladakslerne udvokser der Løvskud. *B*, ældre Kimplante; *T*, Jordfladen. Fra Akslerne af Kimbladene (*cot*) udgaar Tillægs-Skud (*ga*) under de først dannede (II), der er Løvskud, og fra hvis nederste Bladaksler der allerede udgaar Skud af III. Generation. Tillægsskuddet begynder med et kortere Led end Hovedskuddet. *C*, nederste Del af en Kimplante; i Kimbladakslerne ses nu Løvskud, under hvilke Tillægsskud (*ga*) udvikles, og fra hvis første Bladsæt Skud af III. Orden søger nedad. *D*, en Jordudløber, der har grenet sig; to af Grenene er vokset op over Jordoverfladen (*T*).

Som en afvigende Skudtype kan her straks peges paa de underjordiske Vandreskud, der umiddelbart bærer Løvbladene, og som dels er Rodstokke (f. Eks. *Oxalis acetosella, Aspidistra lurida*), dels Udløbere (f. Eks. *Pteridium aquilinum, Dryopteris pulchella*). De medtages ikke i denne Afhandling. I min Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie, 3. Udg., S. 115, er de kaldt „Blattstauden“; jeg har aldrig været tilfreds med dette Navn, men har foreløbig intet bedre. Indtil videre kan de paa Dansk vel kaldes Løvblad-Rodstokke og Løvblad-Jordudløbere.

Navnet „Rodstok“ (Rhizom) bruges ogsaa i forskellig Betydning, nemlig om

[1]) Jordudløberne kan da maaske kaldes suboles.

omtrent alle underjordiske Stængler, baade om de lodrette og de vandrette Underjords-Stængler, baade om Jordudløbere og om saadanne Organer som de underjordiske Grundakser hos *Polygonatum multiflorum* (der med Rette ofte bruges i Lærebøger som Billede paa en „Rodstok“, et „Rhizom“), hos *Iris, Asparagus, Anemone nemorosa, Acorus, Butomus, Neottia*, og mange andre. Det vil være nødvendigt at komme bort fra det Virvar, der nu hersker, og at bestemme Begrebet skarpere, og da bør der ved Rodstok, Rhizom, forstaas: Underjords-Stængler, der ligger vandret (er plagiotropiske), er kortleddede, i Reglen tykke og næringsrige og ofte kun har faa og svage Rødder. Lysskud udgaar fra dem undertiden som Sideskud (Rhizomet er et Monopodium) eller oftest derved, at Endeknoppen bøjer lodret op, træder op over Jorden og udvikler Løvblade (Rhizomet bliver et Sympodium). Grendannelsen er ofte ret sparsom og knyttet til bestemte Bladaksler ved en „Kraftknop“ paa Ombøjningsstedet. Dette er ofte ikke særlig tykkere end den øvrige Del. Mange Rodstokke udvikles umiddelbart af Primaksen (f. Eks. hos *Anemone nemorosa* (Fig. 13 hos Warming 1884: 67), *Polygonatum* o. a.), og dette er vist det almindeligste, men der gives ogsaa Rodstokke, som udvikles af Sideskud paa Kimplanten (f. Eks. hos *Scrophularia nodosa*; Fig. 12 hos Warming 1884: 65).

Rodstokkenes Liv varer i Modsætning til Udløbernes ofte mange Aar, og er da at opfatte som Plantens vigtigste, i Jorden skjulte, næringsrige Centralorgan, hvis Livsopgave det først og fremmest er at opsamle og gemme Næring for de kommende Vækstperioder; i 2den Række kommer det at hjælpe Planten til at vandre, søge ny Jordbund med mere Næring. Deres Udvikling er i det hele langsommere, de kommer senere i Blomst end Jordudløberne. Men der gives ogsaa kortlevende Rhizomer, hvis Næringsoplag hurtig udtømmes. Dette synes tildels at staa i Forbindelse med Jordbundens Vandholdighed.

Som en, forøvrigt noget usædvanlig, Form af Rodstok (Rhizom) vil jeg omtale *Dentaria bulbifera*'s L.; thi medens de fleste Rodstokkes Blade er tynde Lavblade, og Oplagsnæringen er henlagt til Stængelen, er Dentarias Blade tykke, næringsrige Skæl; desuden er ogsaa Stængelen ret næringsrig; den forener paa en Maade Løgtypen med Rodstoktypen. At den er næringsrig, fremgaar bl. a. deraf, at Raavildtet graver den op for at æde den.

I 1876 har jeg (S. 84) givet en Del biologiske og morfologiske Oplysninger om Frøenes og Bulbillernes Spiring (se l. c. Fig. 2 *A, D*) og om Grundlæggelsen af Rodstokken. Jeg vil af denne Afhandling her kun fremdrage, at de korte Rodstokke, der først grundlægges ved Yngleknopperne, umiddelbart bærer Løvblade (1—3, sædvanlig kun 1, saalænge de er unge) paa hvert Aarsskud foruden Skælblade, og at de vedbliver for hvert Aar at arbejde sig dybere ned i Jorden samtidig med, at de bliver kraftigere og Løvbladene større. Dette vedvarer. indtil Planten har opnaaet Kraft nok til at frembringe et blomstrende Lysskud; da bøjer Endeknoppen lodret opad og danner et Lysskud-Afsnit, og Rodstokken, der hidtil var en monopodial Løvblad-Rodstok, bliver nu sympodial; Hovedknoppen staar i Akslen af øverste Lavblad. I hosstaaende Fig. 2 afbildes nogle Underjords-Stængler. At de bør kaldes Rod-

stokke og ikke Jordudløbere, fremgaar deraf, at Leddene i det hele er korte, tildels endog meget korte, og at de særlig er Organer for Oplagsnæring. De kan, som Fig. 2 *B* viser, i det mindste blive 3—4 Aar gamle.

Iøvrigt viser Figurerne de karakteristiske Træk i denne Rodstoks Bygning: Bladenes Former (*E*), Birøddernes Stilling i Bladakslen (*E*), Lys-Skuddenes Udvikling af Endeknoppen, sparsom Grendannelse ved Dannelsen af Sideskud under denne i Enden af Aarsskuddet, hvor en Knop ofte fremtræder som Hovedknop m. m.

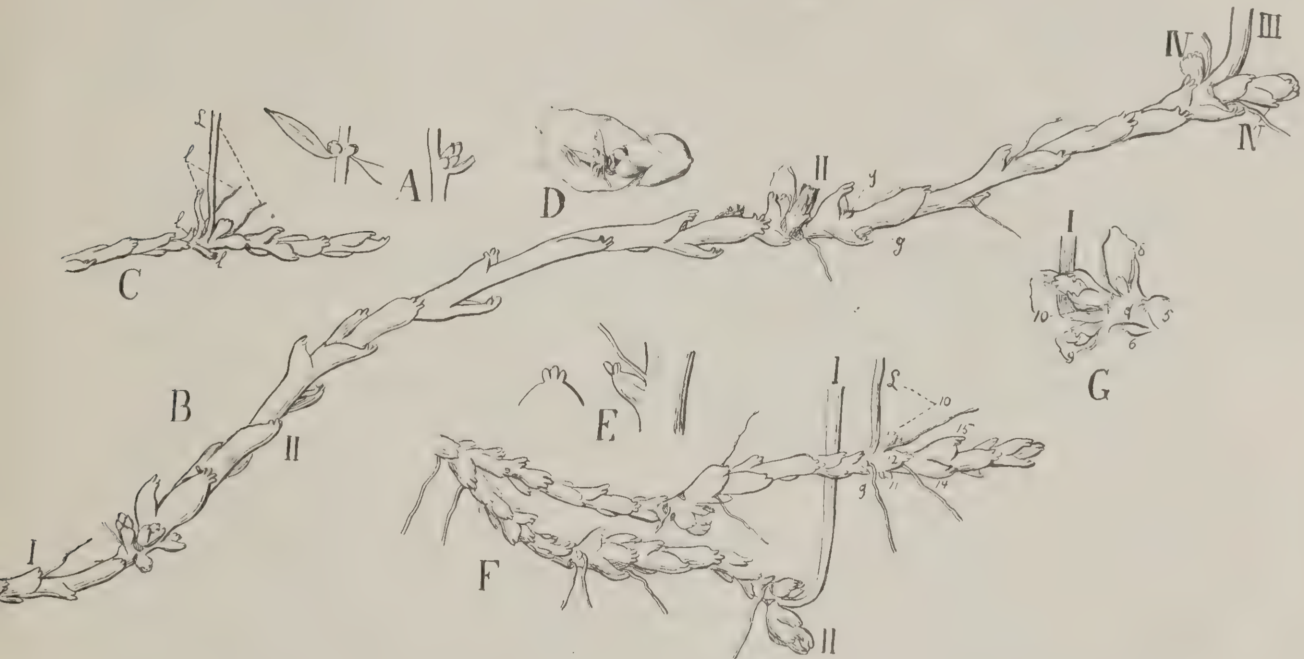


Fig. 2. *Dentaria bulbifera* (de fleste omtr. 2/3). *A*, Dele af en Blomsterstand med Bulbiller i Højblad-Akslerne (ca. ½). *B*, en Rodstok med Aarsskud, som er over 10 cm lange. I, II, III og IV forskellige Skudgenerationer; *g*, Akselknop. III ender med blomstrende Lysskud. For Pladsens Skyld er Rodstokken stillet skævt. *C*, Del af en Rodstok; *l*, ufuldkomne Løvblade; *L*, et helt udviklet Løvblad, som naaer op over Jorden; de punkterede Linier forbinder Akselprodukterne med deres Støtteblade. *D*, spirende Bulbil. *E*, et Lavblad paa Rodstokken set forfra og fra Siden saaledes, at den akselstillede Rod ses. *F*, en grenet Rodstok; Hovedskuddet ender i Blomsterstand (I); det har 3 (4) Aarsskud; det længere Sideskud har ogsaa 3 Aarsskud, af hvilke det næstsidste bærer et Løvblad *L* (10), som har en Akselknop ligesom 9. *G*, Enden af et Aarsskud paa en Rodstok; dets sidste Blade er i venstre Skrue: 5, 6, 7, 8, 9 og 10; de tre sidste støtter Sideknopper. Aarsskuddet bøjer opad i en Blomsterstand (I).

Mindre tydelig viser Figurerne det lille Knæk, hvorved det nye Aarsskud arbejder sig dybere ned i Jorden i skraa Retning, indtil en vis Normaldybde; denne er formentlig omtrent naaet hos de afbildede. Fig. *B* bør tænkes vandret liggende; for Pladsens Skyld er den lagt skraat.

Om *D. bulbifera* se ogsaa Areschoug 1857: 23; Rimbach 1898: 186, Fig. 5.

R h i z o d e r. Afvigende fra saavel de typiske Jordudløbere som de typiske Rhizomer er imidlertid en Række vandret voksende Jordstængler, som gaar under baade hint og dette Navn, men fortjener et eget Navn. De er ikke tykke og kortleddede som Rhizomerne, men tynde og straktleddede som Jordudløberne. Paa den anden Side er de heller ikke saa uregelmæssig og ubestemt grenede som Jordudløberne, men har tværtimod en meget bestemt Arkitektonik: sympodial Bygning (sjældnere monopodial f. Eks. *Paris*), med et ofte meget bestemt Antal Led i hvert Afsnit af Sympodiet og en Hovedknop i et talmæssig bestemt Blads Aksel. Tillige fremkommer ofte en hel Række Skudgenerationer i samme Vækstperiode, hvilket dog ogsaa findes hos Rhizomer, f. Eks. af *Asparagus officinalis,* Arter af *Scirpus* og *Juncus, Nardus stricta, Lygeum spartum* o. s. v. Ogsaa her er det ofte Primskuddet, som umiddelbart grundlægger Jordstængelen.

Som Eksempler paa Rhizoder kan nævnes:

a. Sympodiets Afsnit er 1-leddede: *Hippuris vulgaris* (Warming 1884, Fig. 15), *Heleocharis palustris.*

b. De er 2-leddede: *Potamogeton*, vore fleste perenne *Juncus*-Arter, *Zannichellia.*

c. Tre-leddede Afsnit: Arter af *Cephalanthera*, *Epipactis*, *Cypripedilum.* Herhen kan ogsaa *Paris quadrifolia* føres (Fig. 19 hos Warming 1884: 78).

d. 4 Led paa hvert Afsnit af Sympodiet har: *Carex arenaria* (Warming 1891: 180, Fig. 23, 1909, Fig. 105, 141, 142), Arter af *Juncus.*

e. 5 Led: *Scirpus lacustris* og *Tabernæmontani* (nærmest Rhizomer) (Warming 1884: 68, 1906: Fig. 115 — Raunkiær DBN, 1905, 1907).

Andre har intet bestemt Antal Led i Sympodie-Afsnittene, f. Eks. *Scirpus silvaticus*, men er ogsaa snarest Jordudløbere.

Disse ejendommelige Typer, der saaledes danner et Mellemled mellem ægte Rhizomer og Jordudløbere, kan maaske kaldes Rhizoder (d. e. rodlignende Jordstængler), for saaledes ved et eget Navn bedre at faa deres Afvigelser fastslaaet. Man kan selv i en ganske nymodens Morfologi (for 1907) se Former slaaede sammen under Navnet „Rhizom“, der morfologisk og biologisk er saa forskellige som Jordstænglerne hos *Scirpus palustris, Oxalis acetosella, Polygonatum, Iris, Triticum repens, Phragmites communis,* og alle andre Jordudløbere, ja selv Kartoffelens Underjords-Stængler benævnes Rhizomer. Det er nødvendigt at faa de mange Forskelligheder udredet og fastslaaet ved bestemte Navne.

Hertil kommer endnu en femte Skudform, som ogsaa almindelig kaldes Rodstok og Rhizom, nemlig den l o d r e t t e J o r d s t æ n g e l, som Hjalmar Nilsson 1895 kaldte „Skottbasiskomplex“ eller „Pseudorhizom“, til hvilken jeg vil henregne de lodrette Jordstængelformer, der findes hos en *Primula, Plantago major* og *maritima, Sedum telephium, Hieracium vulgatum* og mangfoldige andre. De kan passende benævnes „M e l l e m s t o k“ (mesocormus); jfr. Drejers Terminologi og Systemlære § 8.

Om Jordstænglers Benævnelse jfr. Ortmann S. 9—10.

De sædvanlige Jordudløbere er i det hele jævnt ens tykke i hele deres Længde, men hos et ringe Antal af Arter forbindes de med Oplagsorganer (Ammeorganer) af forskellig Form, nemlig 1) Stængelknolde eller 2) Rodknolde eller 3) Løg. Eksempler gives i det følgende.

De vegetative Skud hos Planter med Jordudløbere, saa vel som hos andre, der har plagiotropt voksende Jordstængler, bestaar i Reglen af to Afsnit: 1) det plagiotropt voksende Underjords-Grundstykke og, idet dette før eller senere bøjer lodret opad, et orthotropt Endestykke, der gaar over i et Lysskud, som hos de allerfleste er grønt, hos nogle Heterotrofer brunligt eller gulligt og ikke er grønfarvet af Klorofyl. En afvigende Type er de foran omtalte Planter, der har plagiotrope Jordstængler, som umiddelbart bærer Løvblade.

De sædvanlige Jordudløbere (og andre underjordiske Stængelformer) optræder saaledes i Forbindelse med Lysskud af meget forskellig Bygning, hvorpaa der i det følgende vil blive givet en Del Eksempler. Følgende Lysskudformer er det navnlig, der bliver Tale om. Jeg skelner mellem:

1. Arter med Langskud, d. e. Lysskud, der er forlængede og tynde og enten orthotrope eller plagiotrope. Det er de orthotrope, der i det følgende bliver Tale om. Formen af Langskuddene er iøvrigt forskellig. De fleste er straktleddede og har store, flade Blade, der sidder op ad Aksen under i Reglen enklere Stillingsforhold, i Overensstemmelse med, at Pladerne ikke let kan skygge over hverandre paa Grund af Leddenes Længde. Højdepunktet for Løvbladenes Udformning ligger ikke ved Stængelgrunden, men op mod dens Midte. Andre og færre er kortleddede, og Bladene er da smaa eller smalle, sidder tæt paa Stængelen og oftest opadrettede; deres Skud er ofte stedsegrønne. Hertil hører flere Typer efter Bladenes Former (det lepidofylle Skud, det ericoïde, det pinoïde, det lycopodioïde Skud, men ogsaa andre findes[1]).

Langskud er karakteristiske for de sommer-enaarige Arter og en Mængde fleraarige, navnlig vel især Arter, der har deres Hjem udenfor de kolde og koldt tempererede Lande; fremdeles hos de allerfleste Vedplanter. At Aarsskuddene som Regel begynder med nogle kortere Led og Lavblade eller ufuldkomne Løvblade, kan der ikke tages Hensyn til. Heller ikke ved Grunden af de fra en Mellemstok udgaaende Skud er der rosetstillede Løvblade.

Som noget afvigende Type af Langskudsplanter maa Klatreplanterne (Lianerne) opføres, Arter, der ikke ved Stænglernes egen Styrke kan holde sig opret, men paa forskellig Vis maa søge Hjælp hos andre Planter eller andre Legemer. Der gives næppe nogen Klatreplante, der til noget Tidspunkt af sit Liv har kortleddede vegetative Stængler.

2. Rosetskud. En velkendt Skudform. Løvbladene er store og alle tæt samlede ved Jordoverfladen paa en orthotrop, kortleddet Stængel; Orthostikernes Tal bliver i Overensstemmelse hermed stort, saa at Bladene det mindst mulige skygger over hverandre. I Mørke, f. Eks. ved Overdækning med Jord, etiolerer Rosetskuddet, og Leddene strækkes, indtil Lyset er naaet. Hos Urterne er Bladrosetten oftest tæt ved Jorden, hos mange Vedplanter eller Halvvedplanter hævet mere eller mindre højt over denne. Der maa skelnes mellem Helrosetplanter og Halvrosetplanter.

[1]) Jfr. Warming, Lehrb. d. økolog. Pflanzengeographie, 3. Udg. (1916): Kap. 22.

Til yderligere Karakteristik af „de ægte Rosetplanter“ (RAUNKIÆR 1907: 54) eller „Helrosetplanterne“ bør føjes, at Stængelen over den grundstillede Roset forlænges i en straktleddet, blomsterbærende Del, der enten er een-leddet (et „Skaft“) eller „skælklædt“, d. e. flerleddet, men med Højblade eller faa og mindre fuldkomne Løvblade. Naar RAUNKIÆR (1907: 66) til Hel-Rosetplanter henregner ogsaa Arter, hvis Hovedakser er Monopodier, selv om Sideakserne er straktleddede, oftest blomstrende Lysskud, synes det mig, at han for stærkt lægger Vægt paa Morfologien.

Iøvrigt er Rosetten fysiognomisk meget forskellig; hos de mesofyte, især dikotyle, Arter er Bladene mere eller mindre fladt, vandret udbredte, men hos mange monokotyle Planter undertiden stærkt oprette og omskedende (f. Eks. mange Bromeliacéer); hos Blad-Sukulenterne er de stillede som hos de mesofyte. I nogle Tilfælde er det vel Lyset, som er den vigtigste Faktor ved Rosettens Tilblivelse, men i andre kan Kulden sikkert ogsaa spille en Rolle.

Af Rosetplanter gives der baade vinter-enaarige, toaarige og fleraarige Hapaxanther, samt urteagtige og forveddede Pollakanther. Skuddenes Udvikling er ofte 2-fleraarig (di-pleiocyklisk).

3. Halvrosetplanter har RAUNKIÆR (1905: 390; 1907: 52, 58) kaldt de Arter, hvis Lysskud har en grundstillet Roset af større Løvblade, medens det efterfølgende Afsnit af Lysskuddet er straktleddet med opefter i Størrelse og Udstyrelse aftagende Løvblade. I 1901 gav jeg (S. 35) en Karakteristik af denne meget almindelige Skudform uden dog at danne noget særegent Navn. To- og fleraarige Hapaxanther og mange urteagtige Pollakanther regner RAUNKIÆR med Rette herhen. Det er, som han ogsaa bemærker, utvivlsomt den mest udbredte Form af Lysskud i Jordstrøg med middelvarmt og middelfugtigt Klima. Jeg opfatter Rosetdannelsen i saadanne Klimater som en Tilpasning til en kølig Væksttid med ringe Vandtilførsel. At baade Rosetskud og Langskud efter Kaarene kan udvikles hos den samme Art, fremgaar f. Eks. af GOEBELS Forsøg. Ogsaa hos Halvrosetplanterne er Skududviklingen i Almindelighed di-pleiocyklisk.

4. Som en egen Skudtype vil jeg fra forrige udskille Græstypen, dels paa Grund af Bladenes bekendte Ejendommeligheder, dels paa Grund af, at Greningen er meget rigelig fra de grundstillede Blades Aksler; mange af disse Skud forbliver golde, men bidrager til at gøre Rosetterne fyldige; det langleddede Skudafsnit har derimod hos vore Arter som Regel ingen Sideskud. Skudformen er altsaa nærmest Halvrosetten, men med de nævnte og flere andre Ejendommeligheder. Herhen hører Arter af *Gramineæ*, *Cyperaceæ* og *Juncaceæ*. Denne Skudform omfatter baade hapaxanthe og pollakanthe Arter. En afvigende Skudform omtales senere.

Lysskuddene kan hos de nævnte Typer iøvrigt være meget forskellig tilpassede til de forskellige klimatiske Kaar eller Milieuer (Xerofyter, Mesofyter og Hydrofyter), være løvfældende eller stedsegrønne og af meget forskellig Varighed — Forhold, som ikke nærmere skal omtales her.

I.

A. Langstauder[1]) med Jordudløbere,

der er ens tykke og ikke forbundne med særlige Næringsbeholdere, er den enkleste Form. Lys-Skuddene er oprette uden fremmed Hjælp.

Til denne Type henhører i vor Flora bl. a. følgende Arter:

Asperula-Typen. Foran anførtes (S. 298) *Asperula odorata* som Eksempel. Sylvén (1906: 70) angiver, at de overjordiske Dele dør om Vinteren; dette kan ogsaa ske i Danmark, men almindeligst er det dog, at de overvintrer frisk grønne i de tættere Skove og først dør, naar Vaaren kommer. Udviklingen synes at være meget fyldigere og hurtigere hos os end efter hans Undersøgelse i Sverige.

Brundin (S. 49) og Sylvén (S. 71) omtaler *Asperula tinctoria*. Den slutter sig utvivlsomt nær til A. odorata.

Af Slægten *Galium* har jeg undersøgt, tildels fra Spiringen af: *G. boreale* L., *G. harcynicum* Weig., *G. palustre* L., *G. pumilum* Murr. (*silvestre* Poll.), *G. uliginosum* L. og *G. verum* L. I de store Træk stemmer de med Asperula odorata: det er pollakanthe, straktleddede Langstauder med tynde, rodslaaende Jordudløbere, der har ret Spids; de kan danne fodlange Grensystemer. Hos *G. verum* har jeg maalt over 70 cm Længde. Mest afvigende er den rigere Grening fra Grunden af Lysskuddene, saa at en grenet Mellemstok opstaar der. Lysskuddene lægger sig lige fra Primskuddet af mere eller mindre ned ved Grunden og bliver her roddannende. Ogsaa Overjords-Udløbere kan findes. Sideskud dannes, som hos Asperula, først og fremmest fra Kimbladakslerne, og ligeledes udvikles under dem Tillægs-Skud, der gaar ned i Jorden; undertiden, f. Eks. hos G. palustre, kan der være mere end 1 Tillægsskud.

Bemærkes kan, at hos G. verum og efter Sylvén hos G. boreale er Kimbladene og de nederste Løvblade paa Primskuddet bredere end de senere Løvblade — Eksempler paa, at Ungdomsstadierne har en anden Tilpasningsmaade end de ældre. Iøvrigt bliver Kimbladene ogsaa hos den enaarige *G. aparine* en Del større end de efterfølgende Løvblade.

Mere eller mindre vintergrønne er de fleste, mest vel *G. harcynicum*, mindst *G. verum*. Foryngelse finder Sted fra Knopper paa Skudgrundene, der kan være ovenfor Jorden (Mellemstokken). Udløberne stemmer med Asperulas; de anlægges vist hos alle allerede i Spiringsaaret. De kan blive noget forveddede. Primroden kan leve ret længe, f. Eks. hos G. verum, der jo ogsaa vokser ret tørt. — Yderligere hos Sylvén: 66—70.

Rubia tinctoria og *peregrina* maa efter Eksemplarer i H. B. H.[2]) høre til samme Type. De er ikke vintergrønne. Som hos Asperula og Galium er Udløberne mere eller mindre gullige. Deres Spidser er rette. De forvedder mere eller mindre.

---

[1]) Det bør bemærkes, at jeg ved „Staude" forstaar, vistnok i Overensstemmelse med almindelig Sprogbrug hos Praktikerne, en pollakanth Urt, hvis overjordiske Dele dør bort ved Vinterens Komme.

[2]) Kort Betegnelse for Hortus Botanicus Havniensis.

Physalis alkekengi L. Denne Art er forlængst omtalt af Al. Braun („Verjüngung"), senere af andre. I vor botaniske Have er de talrige Jordudløbere omtr. penneposetykke, hvide, langleddede (4—6 cm), ved Bladfæstene rodslaaende med 2 (3) Rødder ved hvert (Fig. 3 *C*, *D*). De bøjer sig op og danner oprette Lysskud og en mangehovedet Mellemstok. De synes at kunne leve mange Aar.

Maaden hvorpaa de anlægges, fremgaar af Braun's Skildring og min Fig. 3 *A*: fra Akslerne af Kimbladene og undertiden ogsaa af de nederste Løvblade udgaar Skud, der vokser skraat og undertiden næsten lodret ned i Jorden og danner Individets første Jordudløbere.

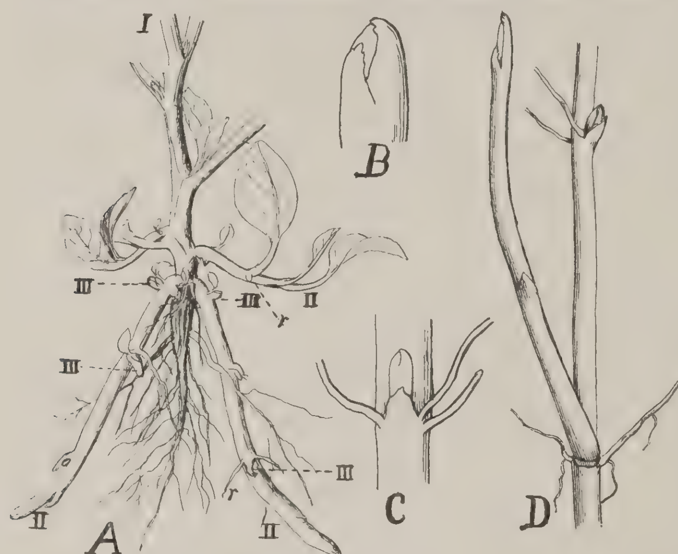


Fig. 3. *Physalis alkekengi*. *A*, en Kimplante; (form.) fra hvis Kimbladaksler udgaar et stærkt jordsøgende Skud, II, der allerede har smaa Sideskud, III; fra de nederste Løvblade paa Primskuddet udgaar vandret voksende Løvskud, fra de følgende opadvoksende. *B*, Enden af en Udløber (forst.). *C*, Del af en Udløber, der viser Røddernes Stilling (forst.). *D*, Dele af en grenet Udløber (lidt form.).

Yderligere Litteratur se: Hj. Nilsson 1885: 42. Rimbach 1898: 190, Fig. 7.

Polygonum amphibium L. Ret nøje slutter denne Art sig til Physalis. Jeg har omtalt og afbildet dens Jordstængler 1897 : 171. Irmisch har 1861 (B. Ztg.[1]) omtalt og afbildet Spiringen. Kimbladenes Akselknopper udvikler sig til straktleddedeLavbladsudløbere, der undertiden gaar noget vandret, men oftest vokser nedad, undertiden lodret nedad i Mudderet. Ogsaa fra de nederste Løvblade kan Udløberne udgaa. Udløbernes Spids er ret, værnet af skedeformede Lavblade (se mine Figurer l. c.); Birødder af Vandrodstypen udgaar i Krans ved Bladfæsterne.

Slægten ***Equisetum***'s Arter har alle straktleddede Lysskud og Jordudløbere, ganske vist med en meget ejendommelig Skudform. Udløberne er sparsomt og uordentlig grenede og kan naa een til flere Metres Længde, ligesom de ofte kan gaa ned til meget betydelig Dybde (ofte til 1 m) og fra en enkelt Plante brede sig over et Areal af mange Kvadratmetre. Under Bladskederne bryder Rødderne frem, der staar i Krans ligesom Skedetænderne. Som en Ejendommelighed kan mindes om, at en Del Arter (*E. arvense*, *E. maximum*, *E. palustre*, *E. silvaticum* o. fl.) ofte har stivelserige, enleddede Knolde, der let løsnes og tjener som Formeringsorganer.

[1]) B. Ztg. = Botanische Zeitung.

Ifølge Duval-Jouve (1864) anlægges Udløberne ved nedad rettet Vækst allerede fra Kimplanterne: „i Almindelighed gav de unge Planter mig efter 1ste Aar 4 eller 5 Udløbere („rhizomes"), som voksede lodret nedad".

Lysimachia vulgaris L. er en typisk Langstaude, selv om Lysskuddene er noget kortleddede ved Grunden, men Bladene er dér Mellemformer mellem Lav- og Løvblade, ikke store Rosetblade.

Kimplanten. Kimbladene (Fig. 4, *cot*) er overjordiske. Der udvikles tidlig Skud fra Kimbladakslerne; paa Fig. 4 er det til venstre straks et Lavbladskud, som hurtig bøjer opad og bliver Løvskud, kraftigere end Primskuddet (formentlig fordi dette har bidraget til Sideskuddets Ernæring), men dels har det under sig et stærkt skraat nedad voksende Tillægsskud, der bliver til Jordudløber (*ga*), dels udvikles lignende fra den buekrummede Del af Skuddet. Til højre er Kimbladakselskuddet endnu meget lille, men bøjer brat nedad; under det staar en lille, nedad krummet Tillægsknop (*ga*). Naar Udløberne er trængt et Stykke ned i Jorden, vokser de vandret videre som langleddede Jordudløbere (Leddene 5—6 cm lange), der kan blive mere end 2 m lange og er langt kraftigere end Asperulas. De er blege og undertiden rødlige, men udviklede i Vand, saa at Lyset kan naa ned til dem, bliver de grønne. Spidsen er ret og dækkes af to sammensluttende Lavblade. Grendannelse kan findes, men er ikke hyppig; flest Grene findes ved Ombøjningsstedet. Rødder udspringer ved Bladfæsterne, især paa Ombøjningsstedet; de kan ogsaa findes opadvoksende.

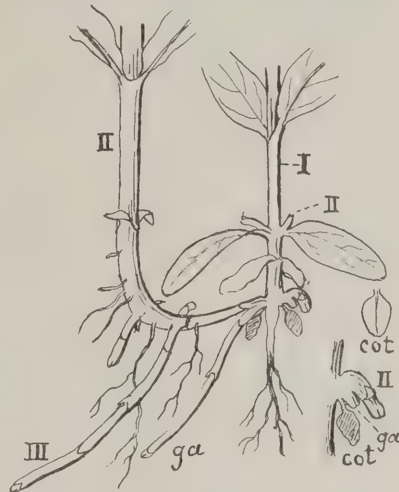


Fig. 4. *Lysimachia vulgaris.* 27. Juli. De nederste Dele af en omtr. 3 Maaneder gammel Kimplante. Primskuddet I er et straktleddet, endnu ikke blomstrende Lysskud. Fra hver Kimbladaksel udgaar to Skud over hinanden; de to til højre er kun lidet udviklede, begge er Lavbladskud, som søger nedad (se den store Figur nederst til højre, hvor *ga* er Tillægsskuddet). Af de to til venstre bliver Tillægsskuddet straks jordsøgende (*ga*), det andet, II, er et først lidt udløbende Lysskud, der efterhaanden bliver tykkere, aabenbart paa Grund af den Næring, som Hovedskuddets Løvblade danner; fra den buekrummede Del udgaar Rødder og to jordsøgende Udløbere (III).

Primroden og Primskuddet dør i Reglen i 1ste Vinter paa en lille Rest nær, der binder Jordudløberne sammen. Disse lever næppe mere end 1 Aar eller 2. I Marts kan man se Løvspringet begyndt, idet Grenspidserne kommer til syne over Jorden og udvikler Løvblade. Ældre Løvbladskud dør om Efteraaret, men deres Grunddele bliver staaende som Mellemstok og bærer Foryngelsesknopper; tueformet Vækst fremkommer derved. Arten kan vist ogsaa være pseudoannuel.

Vegetativ Formering kan finde Sted i Vand ved afbrudte Udløbere (disse er nemlig ofte tyndest ved deres Grund).

Udløbere i Vand kan blive 6—7 Metre lange (ROYER 1870; FRANÇOIS 1907: 37).

Se WARMING 1877: 70, ogsaa BRUNDIN 1898: 53, Fig. 17. IRM. B. Ztg. 1861: 113 (Spiring). RAUNKIÆR 1905: 383, Fig. 16. SYLVÉN: 123.

Med denne Art stemmer i alt væsentligt *Lysimachia thyrsiflora* L. (WARMING 1877: 70), og dels efter IRMISCH's, dels efter egne Undersøgelser en Række andre Arter som *Lysimachia punctata* L., *L. dubia* Sol., *L. brachystachys.*

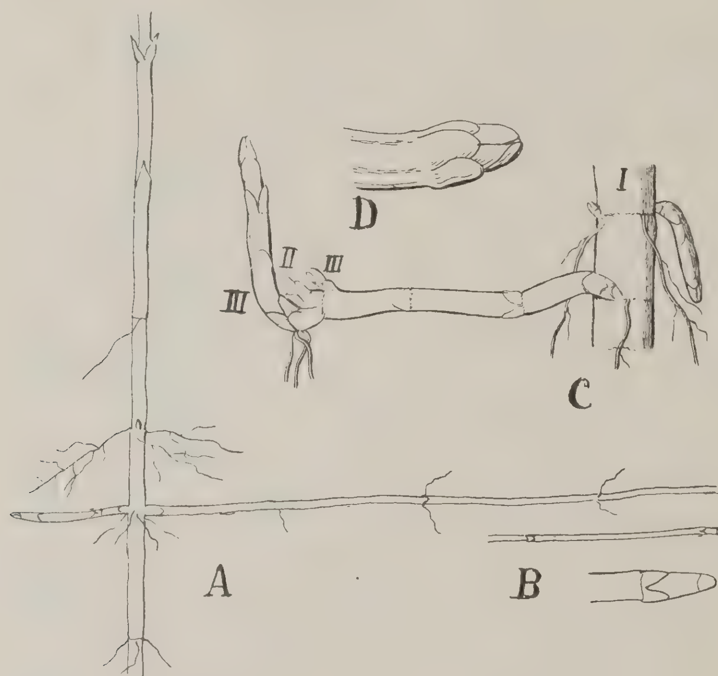


Fig. 5. *A—C*, *Lysimachia thyrsiflora* (form.) (17. Juli). *A* er en Plante, der voksede dybt i Sphagnum. *B*, Enden af en Udløber. Udløberne ligger i 11—12 cm Dybde. *C*, fra Hovedaksen I udgaar en kort Udløber II, som ender blindt, idet to Sideakser (III) udvikler sig; det hele var fuldstændig nedsænket i Vand. *D*, Enden af en Udløber af *L. punctata*, der har 4-tallige Kranse af Lavblade.

L. thyrsiflora L. (Fig. 5) er i alle Dele spinklere end L. vulgaris; den visner tidlig om Efteraaret og er pseudoannuel. Jeg har set Rødder og Lavbladudløbere, der voksede vandret, højt oppe paa Løvskuddene, aabenbart fordi de voksede i Skygge af andre Planter og i fugtig Luft: Fig. 5, *A*. Her maa have været saa megen Skygge, at der er fremkommen Lavbladdannelse. Det samme kan findes der, hvor den vokser i Sphagnum. Ogsaa af den kan Skud let afbrækkes og findes flydende i Vandet (Fig. 5, *C*. Fig. 11 hos WARMING 1897: 186).

BRUNDIN: 55.

Circæa lutetiana L. Jeg har 1877 givet en fyldig Fremstilling med Afbildninger (S. 88) af dens Skudbygning og Biologi, der forøvrigt ogsaa er undersøgt af IRMISCH o. a. Nogle Hovedpunkter maa dog for Sammenhængens Skyld medtages her.

Den er en typisk Langstaude, og, ligesom vore Lysimachia'er, kun svagt grenet; den har typiske, ligeledes kun svagt grenede, Jordudløbere (Fig. 6, *A*), der bliver 25—30 cm lange og længere. Midt i Juni er der allerede dannet en Mængde nye Udløbere fra Grunden af Lysskuddet. Om Efteraaret er det, at de tynde Rødder især danner sig, fortrinsvis om Bladfæsterne (Stillingen ses Fig. 6, *F*. Spidsen er ret, Fig. 6, *J*).

Udløberne tager oftest fra en tyndere Grunddel jævnt til i Tykkelse ud mod Spidsen, men Ombøjningsstedet er hverken særlig tykt eller kortleddet. Dybden, i hvilken de ligger, er 2–8 cm, men i løs Tørvemuld bliver den endnu større. Undertiden findes de lige i Jordoverfladen under Løvdækket. Arten er pseudoannuel.

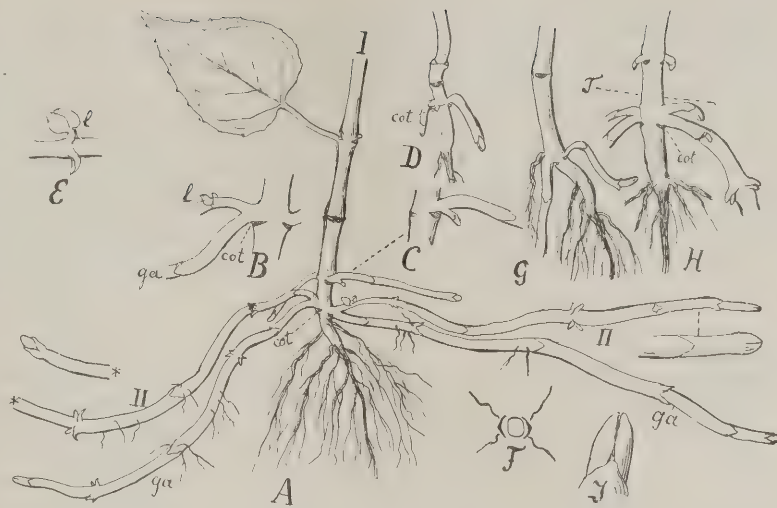


Fig. 6. *Circæa lutetiana. A*, en Kimplante (omtr. 1/2) der fra hver Kimbladaksel har udviklet 2 Jordudløbere over hinanden. Tillægsskuddet er mærket *ga*. Korte Grene er allerede anlagte i deres Bladaksler (2. Aug.). *B* og *C*, Enkeltheder fra samme mindre formindskede. *D*, *G*, *H*, 3 andre Kimplanter med de jordsøgende Kimblad-Akselknopper. *E*, Del af en Udløber, hvis ene Blad nærmer sig til at blive et lille Løvblad. *F*, skematisk Fremstilling af Bladenes og Røddernes Stilling paa den but 4-kantede Stængel. *J*, Stængelspids af Jordløber.

Kimplanterne har overjordiske Kimblade, fra hvis Aksler der hurtig udspringer Skud. Disse kan være Løvskud (Fig. 6 *B*, 7 *A*) eller Lavbladskud (Fig. 6 *A*, *G*, *H*), og derefter kommer oftest en Tillægsknop til Udvikling under dem og mere eller mindre siddende paa Basis af Hovedknoppen. Denne bliver vist altid til Udløber (Fig. 6 *A* o. fl.). Udløbere kan ogsaa udspringe fra Løvbladaksler. Hvis Hovedskuddet er kommet til at ligge mere eller mindre ned, udvikles oftest kun eet Kotyledonarskud, nemlig i den nedad vendte Bladaksel, eller i alt Fald, hvis der ogsaa kommer et til Udvikling i den opad vendte, er dette svagere. De vokser brat s t æ r k t skraat nedad i Jorden, stærkest, naar de er højt over Jorden. Planten er pseudoannuel; Primrod og Primakse gaar tilgrunde i 1ste Efteraar, i Regelen uden at Blomster har været dannet; undertiden dør et stort Stykke af Udløberne.

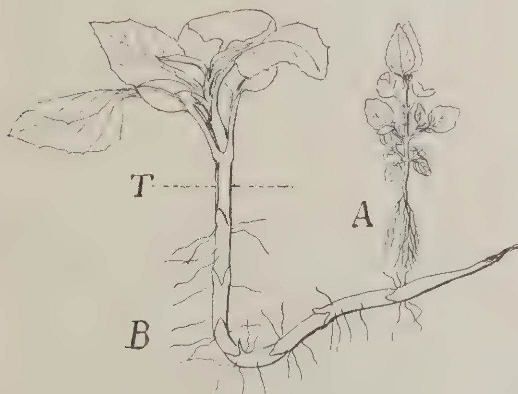


Fig. 7. *Circæa lutetiana. A*, Kimplante (meget formindsket). *B*, Udløber af en 12—13 Maaneder gammel Kimplante (tegnet 4. Maj); den ældste Del af Jordudløberen er indskrumpet og død, i den yngre er der endnu Oplags-Næring (lidt formindsket). *T*, er Jordoverfladen.

I 2det Aar vokser Udløbernes Spidser

op over Jorden. Fig. 7 *B* er en saadan Kimplante fra 1915, tegnet 4/5 1916; til højre ses den indskrumpede Ende af den.

Om *Circæa intermedia* Ehrh. og *alpina* L. se under Kartoffeltypen.

Epilobium hirsutum L. slutter sig meget nær til Circæa lutetiana, men er meget kraftigere (indtil omtr. 1 m høj); Jordudløbernes Skælblade er meget tykke og noget kødfulde, samt ofte bøjede noget opad (Fig. 8).

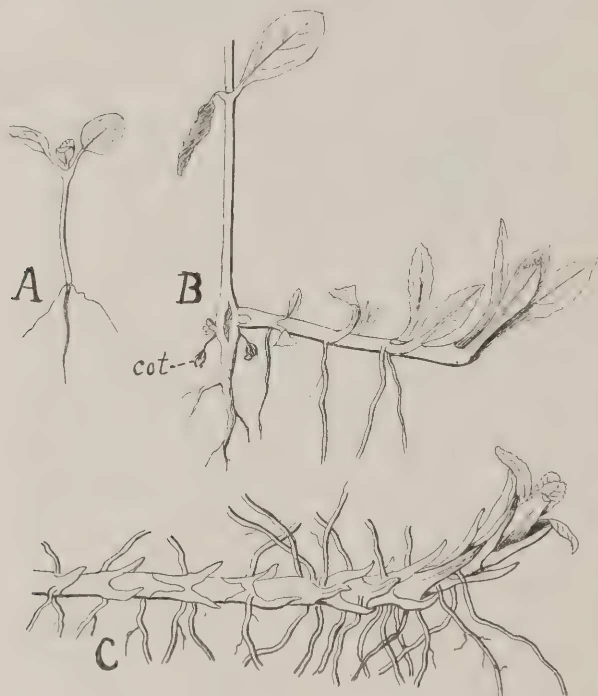


Fig. 8. *Epilobium hirsutum* (form.). *A*, Kimplante. *B*, ældre Kimplante; fra den ene Kimbladaksel udgaar en allerede ret kraftig Udløber, der er svagt nedadvoksende og hurtig faar Løvblade. *C*, Del af en Udløber af en ældre Plante omtr. 1/3 (11. Marts); der udgaar Rødder til alle Sider, ogsaa opad. Lavbladene gaar jævnt over i Lysskuddets Løvblade, der lige stikker op af Jorden.

Rødder dannes i stor Mængde og tildels uden Orden, voksende i alle Retninger, ogsaa opad. Fra Kimbladakslerne udvikles Skud, oftest i nedstigende Retning (Fig. 8 *B*). Kimplanten dør i 1ste Efteraar og efterlader kun Jordudløberne. Paa ældre Planter har jeg set Grunden af de afblomstrede Skud i Januar Maaned bære smaa skælklædte Knopper og desuden, dybere nede, rodbærende Udløbere paa forskelligt Udviklingstrin; nogles Ender bøjede allerede opad (Fig. *C*), og i Febr.—Marts har jeg set Løvspringet begynde. Udløberne lever i Reglen kun fra et Aar til det næste. Ogsaa en Tillægsknop under Udløberne kan danne sig.

Herhen kan ogsaa føres *Epilobium parviflorum* Schreb.

Yderligere se Brundin: 97, 99; Sylvén: 150.

Mentha aquatica L. kan tjene som Type paa en Labiat. Den er en Langstaude med straktleddede Lys- og Jordudløbere samt Mellemformer mellem disse, hvis Blade er smaa grønne Løvblade. Udløberne udgaar som sædvanlig fra Lysskuddets Grund og Ombøjningsstedet, men i fugtige og skyggefulde Ællekrat har jeg set dem udgaa højt oppe paa Lysskudet og vokse skraat nedad. Jordudløberne ligger ofte lige i Jordskorpen. De kan blive indtil 1 m lange, er straktleddede Lavbladsudløbere, rodbærende i eller ved selve Bladfæsterne, især ved Ombøjningsstedet. Allerede 1. Nov. kan en Kimplante have mange Udløbere og mange Rødder. Udløbernes Spids er ret, dannet af to sammenlagte Blade (Fig. 9 *D*, *E*). De lever næppe stort længere end til næste Vaar. Arten er pseudoannuel.

Paa Kimplanter, som jeg samlede i det frie, og som bl. a. paa Grund af Omgivelserne vistnok er af denne Art (Fig. 9 *A—C*), udgik Jordudløbere med skraat nedad rettet Vækst fra Kimbladakslerne; de blev hurtig tykkere (Fig. 9 *A*). Primroden er svag og gaar aabenbart snart tilgrunde. Efter SYLYÉN blomstrer Kimplanterne ikke i 1ste Aar. Udløbere i Vand forekommer; FRANÇOIS omtaler og afbilder dem 1907.

Andre *Mentha*-Arter stemmer i Hovedsagen ganske med M. aquatica (*M. arvensis* L., *M. spicata* L., *M. mollissima*, *M. rotundifolia* (L.) Hudson. Ogsaa hos nogle af disse har jeg set baade over- og underjordiske Udløbere, og samme Udløber kan være delvis det ene, delvis det andet.

AL. BRAUN har særlig omtalt disse Forhold. IRMISCH har fulgt Spiringen af *M. arvensis*; hos denne Art dør alt ned til Jordudløberne; 16. Juli fandt jeg kun en lille Rest tilbage af forrige Aars Udløber.

En Del andre Labiater slutter sig nær til de nævnte Mentha'er, saaledes *Lycopus europæus* L.[1]), *Scutellaria galericulata* L., *Stachys silvatica* L. og *ambigua*, *Lamium album* L. m. fl., og saa vidt jeg kan se af Litteraturen, uden selv at have undersøgt de paagældende Planter, *Teucrium chamædrys, occidentale* og *Canadense.*

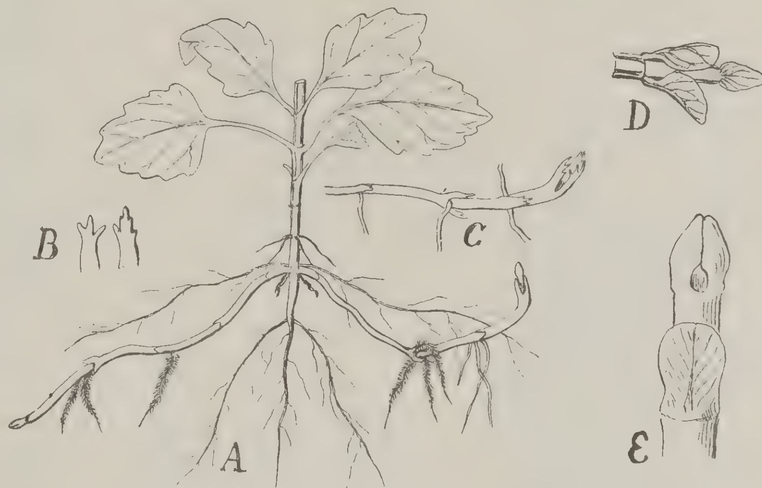


Fig. 9. *A—C*, Kimplante formentlig af *Mentha aquatica* (?) samlet i en Tørvemose 1. Aug. (lidt form.), med Lavblade (*B*) og en Del af en Udløber (*C*). *D*, Enden af en meget lang Udløber af *Mentha aquatica*; Aug. *E*, Enden af en bleg Lys-Udløber af samme.

I øvrigt se IRMISCH 1856; BRUNDIN: 96, Fig. 34, 35. SYLVÈN: 91 ff. *Stachys palustris* se senere under Kartoffeltypen.

Andre Labiater har korte Udløbere med ufuldkomne Løvblade, f. Eks. *Clinopodium vulgare* L., der ogsaa vokser paa mere tørre Steder.

Indenfor Caryophyllaceæ træffes forskellige Langskudstyper, nogle med, andre uden Udløbere. Til de sidste hører følgende:

Saponaria officinalis L. Fig. 10 *A* viser en Kimplante i omtrent naturlig Størrelse. Fig. 10 *B* og *C* er ældre Kimplanter; de lancetdannede Kimblade er faldne af, og i deres Aksler sidder store, af Lavblade dækkede Skud (II), som allerede har Sideknopper (III) i Udvikling; ligeledes er de efterfølgende Løvblade paa det straktleddede Lysskud faldne af, og mindre Akselknopper er her udviklede. Fig. 10 *C* er

[1]) Om Udløbere i Vand se FRANÇOIS 1907.

en endnu ældre Kimplante med omtr. 25 cm langt Lysskud (omtr. $\frac{2}{1}$); en Mængde Knopper, hvis relative Orden er angivet ved Tallene I, II og III, er komne til Udvikling, men endnu er ingen bleven til Udløber. Bemærkes maa, at Primroden med Hypokotylaksen hos denne Art er meget kraftig (hos den afbildede 20 cm lang) og dens Siderødder tynde; svage Birødder er allerede dannede paa Sideskuddene. Paa ældre Planter findes lange Jordudløbere med tynde Rødder udviklede ved Bladfæsterne (se Fig. 10 *E*, 11). Hvorledes disse er komne ned i Jorden, har jeg ikke fulgt, men jeg maa antage, at det er sket derved, at Primroden har trukket sig sammen og draget i alt Fald de i Fig. 10 *B* og *C* synlige Kimblad-Akselknopper ned i Jorden, hvor de da har taget et plagiotropt Løb og uden Fortykkelse af Stængelen bøjer opad i Lysskuddelen (Fig. 11). Udløbernes og deres Lavblades Form og Endeknopper (Vinterskud) ses af Fig. 10 *D*, *E* og Fig. 11.

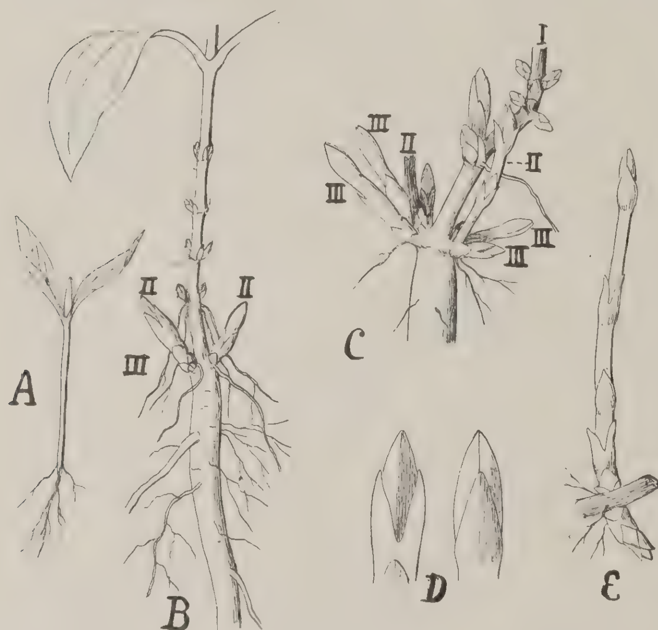


Fig. 10. *Saponaria officinalis*. *A*, Kimplante. *B*, ældre Kimplante (Sept.) med et kraftigt, opret Lavbladskud (II) fra hver Kimblad-Aksel; de har allerede tydelige Sideknopper i nederste Aksel (udfor III). *C*, ældre Kimplante (fra Novbr.). Primaksen er ved I; en hel Del oprette Lavbladskud af II. og III. Orden ses. *D*, en Stængelspids (lidt forst.). *E*, Del af en Udløber med Grene.

Udløberne kan leve flere Aar og breder sig i stor Omkreds om Moderplanten. Aflægning finder aabenbart dog kun Sted i ringe Grad. *Saponaria officinalis* er en Gentagelse af *Silene vulgaris* (Moench) Garcke med Tilføjelse af de lange Udløbere. Primskuddet kan i Spiringsaaret blive 0,5 m langt, men jeg har ikke set det bære Blomster. Derimod blomstrede mine Kimplanter i 2det Aar. Lysskuddene visner om Efteraaret, men de nedre Stængelrester kan holde sig levende i indtil ca. 10 cm Højde som en flergrenet Mellemstok. Deres Sideknopper vokser ud næste Vaar, dels til opad voksende Lysskud, dels til Jordudløbere; af to modsatte Skud kan det ene gaa vandret ud, det andet lodret.

Yderligere se Sylvén: 292.

Honckenya peploides (L.) Ehrh. afviger i flere Retninger fra Saponaria. Lysskuddene hos denne Sandstrandsplante er tykbladede, ikke mesomorfe som hos Saponaria. Spiringen er fulgt af Joh. Erikson [1]). Ogsaa jeg har fulgt den. De epigæiske Kim-

[1]) Botan. Notitser 1894. Se ogsaa Bihang til K. Sv. Vet.-Akad. Handl. 22.

blade bliver senere hypogæiske, dels ved Tildækning med Flyvesand, dels formodentlig ved Rodens Sammentrækning. I Akslerne af Kimbladene og de nærmest følgende Blade anlægges seriale Knopper (2—3). (Senere har SYLVÉN (1906) tilføjet nogle Enkeltheder). Paa mine Kimplanter fandtes en kraftig Primrod, 4 mm tyk i Slutningen af Aug. (Fig. 12); Primskuddet havde lagt sig ned, og var paa en Plante 25 cm langt. Nogle havde kun fra Kimbladakslerne Grene (Løvskud), under dem Tillægsskud, og

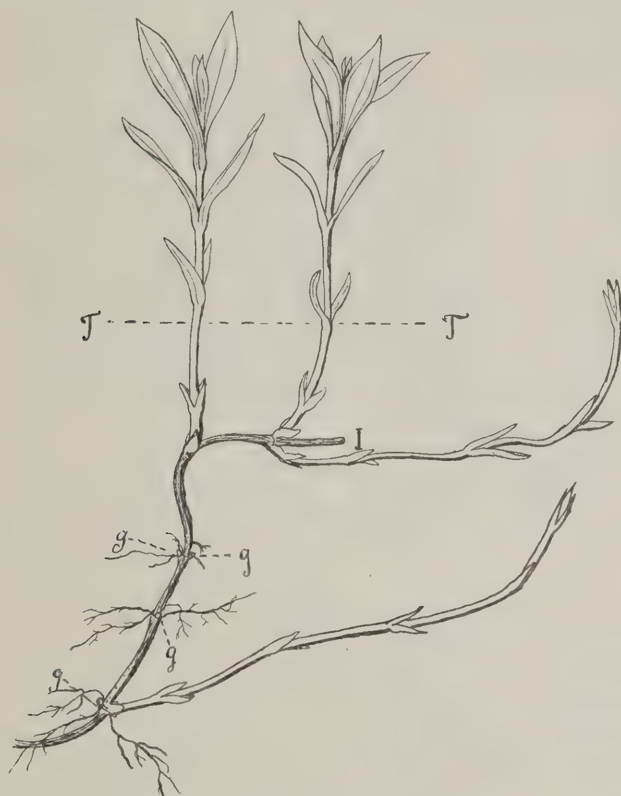


Fig. 11. *Saponaria officinalis*; stærkt formindsket. *T—T*, Jordoverfladen. I, Hovedaksen. *g—g*, Knopper.

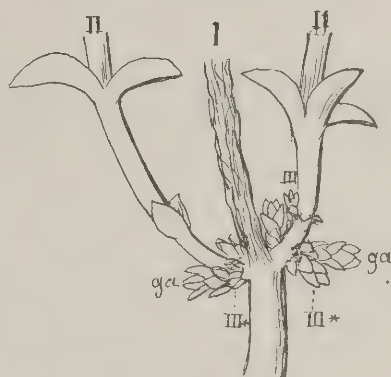


Fig. 12. *Honckenya peploïdes* ($\frac{1}{1}$). En omtrent 4 Maaneder gl. Kimplante (24. Aug.). Ved Grunden af Primstængelen (I) staar der dels de to Kimblad-Akselskud II (Løvskud), dels et større Antal Knopper (med Lavblade), af hvilke *ga* er Tillægsknopper, og hveraf disse har en Knop i deres to nederste Bladaksler; desuden staar der oven over det ene Kimblad-Akselskud en lille Knop, hvis Stilling er utydelig. Primstængelen har lidt rynket Bark, Primroden er derimod glat.

fra disses to første Bladaksler udgik Knopper (af III. Orden). Ogsaa Tillægsskuddene var Løvskud. Udløbere fandtes endnu ikke. Der kan være en stor Sammenhobning af Knopper ved Primskuddets Grund; jeg har f. Eks. talt 2 udviklede Skud og 9 Knopper, af hvilke 2 syntes at være Tillægsknopper, og de andre var antagelig Knopper i disses første Bladaksler og paa Hovedgrenen i Kimbladakslen.

Allerede i 1877 har jeg omtalt denne Arts Jordudløbere og deres mange Ejendommeligheder fyldig[1]). Her skal kun fremhæves deres smaa, kortleddede Dværg-

[1]) Bot. T. 10; Fig. 9; se ogsaa Vid. Medd. 1891: 159 og Dansk Plantevækst 1, 1906: S. 76 med Fig. 37 og 2: 234, Fig. 146.

grene (indtil 45 Bladpar har jeg talt paa dem); de kan vokse ud til langleddede Jordudløbere. Udløberne synes hos denne Art at fremkaldes derved, at Skud begraves af Sandet, og naar de først er udviklede, forholder de sig som andre Jordudløbere. De overjordiske Dele visner om Efteraaret, men der findes Knopper i deres Bladaksler, som maaske kan holdes i Live og vokse ud næste Vaar.



Fig. 13. *Stellaria crassifolia,* 16. Juli. Udløber. Rødderne udgaar ovenfor Bladfæstene. Svagt forstørret med endnu større Stængelspids.

Stellaria-Arterne har atter forskellige Ejendommeligheder.

Mest synes *Stellaria Dilleniana* Moench (*palustris* Retz.) at ligne de omtalte Rubiaceer. Primroden kan findes paa rigt grenede Eksemplarer, men bliver ikke kraftig og lever næppe meget længe. Fra Stænglernes underjordiske Dele udgaar (10—15 cm) lange, langleddede, tynde, grenede, en Tidlang rodløse Jordudløbere med tilbagekrummede Lavblade. Spidsen er ret, dannet af sammenlagte Blade. Uden at Leddene bliver synderlig kortere, bøjer de opad og bliver Lysskud.

Stellaria crassifolia Ehrh. (Fig. 13) afviger væsentlig i et Punkt fra St. uliginosa, nemlig deri, at den ofte har hvide og skøre Lavblads-Udløbere, der har noget kødfulde Blade ligesom Honckenya og formodentlig ligesom den i Overensstemmelse med dens Voksested i Sand nær Saltstrand. Udløberne er ofte ulige tykke paa forskellige Steder af deres Længde. (Fig. 13). Stor Vandringsevne synes den ikke at have, men kan i Strandsand i Agrostis alba-Association danne ret talrige smaa Samfund.

Yderligere hos Sylvén: 298.

Mere afvigende er *Stellaria nemorum* L. og *St. holostea* L. navnlig derved, at Lysudløbere spiller en større Rolle.

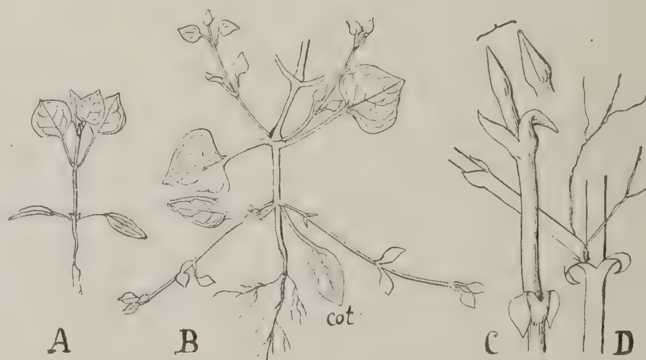


Fig. 14. *Stellaria nemorum.* *A*, Kimplante (2. Maj). *B*, ældre Kimplante (28. Maj); fra Kimbladenes Aksler er udgaaet korte Løvbladskud, som lægger sig ned paa Jorden; fra det første Løvbladpar kommer opad voksende Løvskud. *C* og *D*, Dele af Jordudløbere (22. Juni).

Fig. 14 *A* viser en Kimplante ($\frac{1}{1}$) af *St. nemorum*. Fig. *B* er en ældre Kimplante, lidt forstørret; fra Kimbladakslerne udgaar straktleddede, løvbladbærende Lysudløbere, som er noget skraat nedadsøgende (nedliggende), og som, ligesom de senere, fra højere

staaende Løvbladaksler udgaaende Udløbere, lægger sig vandret oven paa Jorden. Saadanne Lysudløbere kan paa ældre Planter blive indtil 1,20 m lange, er da næsten at kalde Ranker; de er sarte, skøre og lægger sig som et Spind løs hen over Skovbunden, Træstubbe og over andre Skovplanters Blade, idet de grener sig. Ogsaa golde Løvskud, som først er oprette, kan lægge sig ned i Skovbunden og løbe i meget ringe Dybde (f. Eks. 1 cm) mellem Løvet eller i løst Muld og her blive hvide, skøre, straktleddede og rigt grenede Lavbladskud med ret Spids (Fig. *C*). De kan blive mindst 0,4—0,45 m lange, har tilbagekrummede Lavblade (Fig. *D*) og har traadfine Birødder fra Bladakslerne; Enderne bøjer opad, grønnes og faar Løvblade. Ved Grunden af en blomstrende Plante kan der mellem og paa Skovbundens Løv være et Virvar af Lav- og Løvbladudløbere med indtil 3 Skudgenerationer i eet Aar. Tillægsskud kan udvikle sig under Kimbladakselskuddene, og antagelig kan de straks søge skraat ned i Jorden.

Primroden dør snart, efter Sylvén i 1ste Høst. I September visner alt det overjordiske fuldstændig. En Plante kan sætte Frugt i Spiringsaaret (Kjellman). Neger ansaa (1904) Hydrotropisme for at være den udløsende Faktor ved Jordudløbernes Dannelse, senere (1913) svagt Lys foruden lav Temperatur.

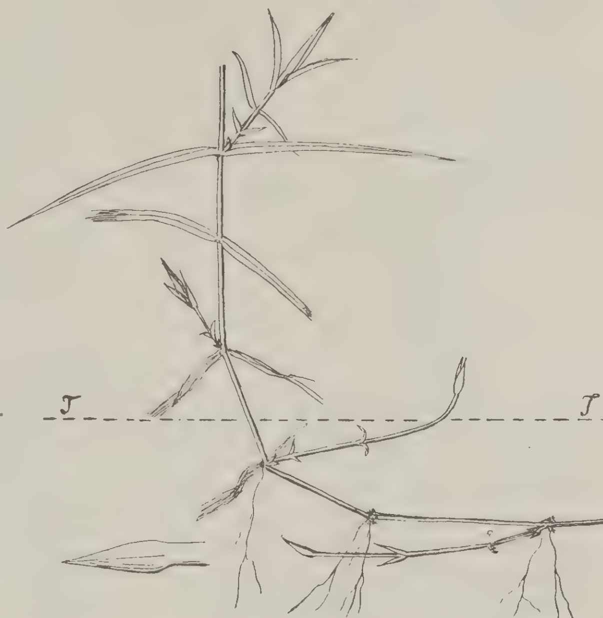


Fig. 15. *Stellaria holostea* (form.). 14. Januar. Fra Jordudløberen udgaar to Grene, den nederste endnu underjordisk (tilvenstre Enden af den); den selv ender med et overvintrende Lysskud.

Stellaria holostea L. (Fig. 15) afviger fra foregaaende bl. a. ved at være vintergrøn. De overvintrende, overjordiske Dele, som kan være mere eller mindre dækkede at Bladrester og Muldpartikler, har graalige, tilsyneladende døde Stængler; men grønne Skud sidder paa dem, og i Forvaaren udvikler friske Sideskud sig af dem; af de overvintrende Skud kan blomstrende Grene udvikle sig. Desuden findes mange hvide Jordudløbere (Fig. 15), der i August kan være grenede, og som før eller senere vokser op til Lysskud. Som sædvanlig hos Caryophyllaceerne har de tynde Rødder ved Bladfødderne og ret Spids.

Spiringen har Irmisch fulgt saavel som jeg selv. Kimbladakselknopperne udvikler sig i Spiringsaaret til lange Løvskud, ligesom hos *St. nemorum*, og under dem findes en Tillægsknop.

Om *St. holostea* se iøvrigt Raunkiær 1905: 375, Fig. 12.

Til denne under I. A behandlede Type slutter sig fremdeles vore almindelige Arter af ***Hypericum.*** Saaledes kan *H. hirsutum* (Fig. 16) danne rige Samlag, der skyldes dens ikke overdrevent langleddede, rødlige Jordudøbere. Paa Kimplanter har jeg i Spiringsaaret set udvikle sig først en Løvbladgren og under denne en Jordudløber af en Tillægsknop, og paa begge disse kom Sideskud (2. Orden) fra de nederste Bladaksler. En Kimplante havde i Slutningen af Juni en meget stor Mængde Grene bueformet udgaaende fra den ikke meget straktleddede Primakses Grund (Mellemstokken); nogle var Løvskud, andre jordsøgende eller vandret voksende Lavbladskud; disse Skud hørte aabenbart til mindst 3 Generationer (Fig. 16 *A*). Primroden syntes at ville vare længe og overgik i Kraft langt de tynde Birødder. Udløberne har ret Spids (Fig. *D*).

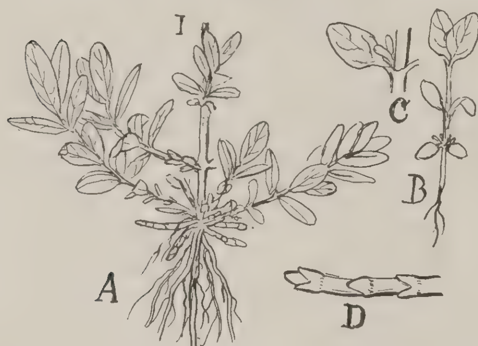


Fig. 16. *Hypericum hirsutum.* *A*, en omtr. 4 Maaneder gammel Kimplante (lidt form.). Fra Akslerne af Kimbladene kommer de længste Løvskud, og under dem er Tillægsskud, som er Jordudløbere. *B*, en yngre Kimplante (5/6); fra Akslerne af Kimbladene kommer de første Sidegrene. *C*, forstørret Del af Kimblad med Akselknop. *D*, Enden af en Jordudløber, lidt forst.

Vore fleste andre Arter stemmer ret nøje med H. hirsutum. De fleste, jeg har undersøgt, har en ret kraftig, aabenbart længe levende Primrod f. Eks. *H. acutum* Moench (*tetrapterum*), *H. perforatum* L., *H. maculatum* Crtz.(*quadrangulum*),men man kan findeEksemplarer, hvis Primrod kun er lidt tykkere end Birødderne. De kan endvidere danne Jordudløbere, temmelig vandrette eller noget skraat voksende, tæt besatte med tynde Rødder, hos H. perforatum f. Eks. ca. 12 cm lange, eller i alt Fald nedliggende Grene fra Stængelgrunden med mere eller mindre ufuldkomne Løvblade. Grendannelsen er ofte meget stærk ved Basis; jeg har endog set Skud af 4. Orden anlagte (H. tetrapterum).

Disse Hypericum-Arter fjærner sig ikke meget fra de almindelige straktleddede og stavnsbundne Tueplanter, fordi Primroden oftest er kraftig, og Jordudløberne oftest er ret korte og kortleddede, men de kan aabenbart optræde hos alle Arter. Denne svage Udløberdannelse maa sikkert sættes i Forbindelse med, at Arterne vokser paa tør og fast Bund. H. perforatum skal have Rodskud (Irm.). Raunkiær har ikke fundet Udløbere (1907: 66).

Indenfor Papilionaceernes store Familie gives en stor Mængde forskellige Typer ogsaa af Lang-Stauder. Som de første vil jeg nævne Lotus-Arterne.

Lotus corniculatus L. slutter sig ret nøje til de sidst nævnte Caryophyllaceer og Hypericaceer derved, at Primroden varer længe og kan blive ret kraftig, næsten saa tyk som en Pennefjer og mere eller mindre forveddet. Kimbladene er hypogæiske, kødfulde; fra deres og de nedre Stængelblades Aksler udvikles hurtig et større Antal Skud (3 Generationer); Tillægsknopperne i Kimbladakslerne er zigzagstillede. De nederste Grene lægger sig mere eller mindre ned paa Jorden uden dog

at danne Birødder. Den er nærmest Langskuds-Tueplante med flergrenet Mellemstok; men de nederste Grene kan blive Lavbladsgrene, vist nærmest formedelst Lysmangel. Undtagelsesvis kommer ægte Jordudløbere til Udvikling; navnlig sker dette i Klitter, hvor Planterne oversandes, men de har kun sparsomt Birødder og kan betegnes som „fakultative“ Udløbere. De kan grene sig stærkt. Jeg henviser i denne Henseende til min Fremstilling i „Dansk Plantevækst, 2, Klitterne“, S. 228 med Figur 139 og 140. Stængelspidsen er hos dem afvigende fra mange andre Papilionaceer, ret, dækket af sammenlagte Lavblade. SYLVÉN fandt i Klitter Udløbere ogsaa fra Kimbladakslerne.



Fig. 17. Udløbere af *Lotus uliginosus* (24. Juli).

Lotus uliginosus Schrank er væsentlig som L. corniculatus; Primroden kan efter IRMISCH (B. Ztg. 1859: 77) blive indtil fingertyk. Dens Jordudløbere bliver dog meget længere og mere typiske; de kan blive indtil 0,7 m lange, rigt grenede, og de ældre bærer mange tynde Rødder (med kuglerunde Rodknolde). Derfor kan de let skilles fra Moderplanten og grundlægge selvstændige Individer, hvad Udløberne hos L. corniculatus vanskeligere kan. Jeg har ogsaa fundet, at Spidsen kan være krogformet bøjet (diagæisk tilpasset) (Fig. 17).

Efter IRMISCH vokser Kimbladskuddene ud først af alle Primaksens Sideskud. Ligeledes angiver han, at mange nær Jorden staaende Lysskud kan trænge ned i Jorden og blive blege Jordudløbere.



Fig. 18. Jordudløber af *Tetragonolobus siliquosus*, formindsket, med en Stængelende, lidt forst.

Disse fra L. corniculatus afvigende Forhold maa sikkert sættes i Forbindelse med Voksestedets afvigende Natur: Grøfter, fugtige Enge og Moser, medens L. corniculatus vokser paa tør eller dog ret tør og ofte fast Bund.

Nær til Lotus-Arterne, især L. uliginosus, slutter sig *Medicago falcata* L. (paa tør Bund med stærk Primrod) og *M. sativa* L., efter Irm. og egne Undersögelser, samt *Tetragonolobus siliquosus* (L.) Roth., af hvis Jordudløber Figur 18 giver et Billede. Ogsaa fra andre Papilionaceer

kender jeg Jordudløbere, f. Eks. *Trifolium medium*. De findes ogsaa hos *Astragalus arenarius* (Warming 1909: 289). (Jfr. senere: Klatrende Arter af *Lathyrus* og *Vicia*).

Fremdeles kan nævnes som sluttende sig til Langstauder med typiske Jordudløbere:

Cornus suecica L. (Buchenau 1859; C. Olsen 1914 i Medd. om Grønland Bd. 37, Fig. 1; Sylven: 135.

Rubus chamæmorus L. Se Knud Jessen i Medd. om Grønland, **37**: 82, Fig. 32.

Mercurialis perennis L. er ret godt undersøgt af Wydler o. a. Ved Vintertid finder man i vore Skove de langleddede, trinde, undertiden haarede (Fig. 19 *D*) Udløbere under Løvet eller i Jorden i faa Cemtimeters Dybde; undertiden er de vordende Løvbladskud med deres vidt udviklede Blomsterstande (Fig. *A*, *b*) allerede da i Færd med at træde op over Løvdækket uden dog at være blevne grønne. Spidserne af alle Skud er stærkt krogformet ombøjede. Udløberne har mange stærkt grenede Rødder ved Bladfødderne. Hvert af en Udløber dannet Sideskud, være sig at det bliver til Lysskud eller ny Udløber, har som Regel to Lavblade tæt ved sin Grund, og idet nye Skud udvikles af disse grundstillede Lavblades Aksler, kan der dannes tætte Grenknipper, hos de oprette Skud næsten tueformede.

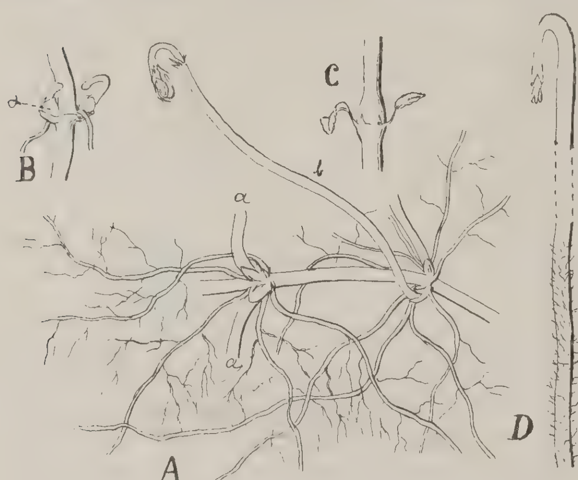


Fig. 19. *Mercurialis perennis*. *A*, Del af en Plante d. 25. Januar. Fra Jordudløberen udgaar 4 Skud; *b* har Blomsteranlæg i sin nuterende Spids. *B*, Basis af en blomstrende Stængel; i Akslerne af dens to Lavblade ses smaa Skud, hver med 2 Lavblade tæt ved deres Grund; 19. August. *C*, Del af et Lysskud tæt ved dens Grund; opsvulmet Nodus. *D*, en Jordudløber (19. Sept.), der er tæt finhaaret. (form.).

Spiringen omtales 1880 af Winkler (noget mangelfuldt) og af Sylvén. Fra Akslerne af de hypogæiske (sjælden epigæiske) Kimblade udgaar de første Udløbere (underjordiske) og dette mere eller mindre vandret. I det hele er det ret paafaldende, hvor vandret Vækst Udløberne har, indtil de bøjer opad og bliver Lysskud. Sylvén omtaler Forekomsten af 3 „kollaterale“ Knopper i Kimbladakslerne; jeg antager, at de i Virkeligheden repræsenterer en Akselknop med to Sideknopper, formodentlig stillede i dens allernederste Blades („Knopkimbladene's“) Aksler. Jordstænglerne kan leve flere Aar, efter Sylvén mindst 3—4.

Litteratur; Brundin: 58; A. Winkler: Flora 1880 (Kimplanten); Sylvén: 185.

Urtica dioeca L. er en anden tokimbladet Langstaude (hist og her 1,3—1,5 m høj) med Jordudløbere, der kan blive indtil 60 cm lange og forvedde (blive sejge og fleraarige). De grener sig stærkt og uordentlig, er stærkt rodslaaende især ved Blad-

fødderne med meget fint delte Rodgrene. (Bladene staar paa Kanterne af den 4-kantede Stængel, Rødderne derimod ud for Fladerne, mest ovenfor Akselfligene). Da Udløberleddene oftest ikke er lange, og mange af deres Grene bliver Lysskud, foruden at deres Spidser selv bøjes opad og vokser ud til saadanne, staar dens Lysskud ofte meget tæt, næsten tueformet.

Udløberne løber vandret og ligger ofte tæt ved Jordoverfladen eller som blege Lavbladudløbere med ret Spids ovenpaa denne, i hvilket Tilfælde de kan faa smaa Løvblade. Allerede i Marts Maaned kan Løvspring finde Sted, dels fra Grunden af foregaaende Aars overlevende Stængelrester (Mellemstokken), dels fra Lys- og Jordudløberne. Lysudløberne kan blive mindst 40 cm lange; oprette Løvskud udgaar umiddelbart fra dem.

Primroden har jeg fundet levende endnu i 3die Aar og ret kraftig, men den spiller sikkert en ringe Rolle for Individets Ernæring. Fra (de epikotyle) Kimblades Aksler udvikles hurtig smaa Løvskud, der selv atter straks kan grene sig. Fra efterfølgende Løvbladaksler kommer andre Skud, men Kimbladenes er de største. I Spiringsaaret kan der i Kimbladakslerne findes endog Grene af 2 eller 3 Ordener. Om Grunden af de visne Skuddele af en Kimplante saa jeg d. 31. Dec. i Spiringsaaret en hel lille Skov af smaa grønne Skud, desuden lange Udløbere. En Kimplante kan i Spiringsaaret sætte Hundreder af Frugter og mange Udløbere. Se ogsaa Sylvén: 321.

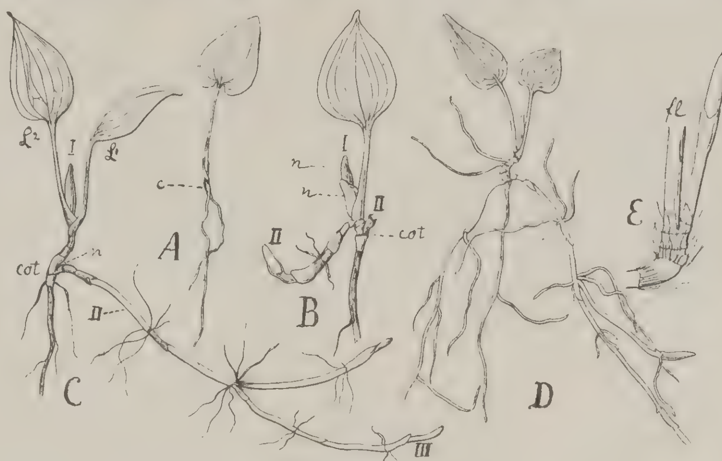


Fig. 20. *Majanthemum bifolium* (form). *A*, en ung Kimplante; ved *c* er Rest af Kimbladet. *B*, *C*, *D*, er ældre Kimplanter, der har udviklet jordsøgende, grenede Udløbere. *n*, Lavblade; *L*, Løvblad. *E*, Enden af en Udløber, der bøjer opad og gaar over i en blomstrende Stængel (*fl*), Lavbladene paa denne er fjærnede; i Akselen af det øverste af disse staar en Foryngelsesknop.

Mange andre Dikotyledoner hører ligeledes til denne Gruppe: de straktleddede Langstauder med ens tykke Jordudløbere; nævnes kan f. Eks.:

Sambucus ebulus L.; *Inula salicina* L. (korte Udløbere); *Houttynia cordata* Thunb.; *Poterium lateriflorum* (med krogformet Ombøjning af Enderne).

Ogsaa hos Monokotyledoner findes saadanne, men det straktleddede Langskud er her sjældnere. En Art, som vel nok kan regnes til Langskud-Stauderne, er ***Majanthemum bifolium*** (L.) F. W. Schmidt. Spiringen m. m. er omtalt bl. a. af Raunkiær (D. B. N.: 210). Spiring under Jorden. En Kimplante i 1. Aar har 2—5 Lav-

blade og undertiden 1 Løvblad (Fig. 20 *A*). I nogle Aar udvikler Primskuddet sig videre efter samme Formel: 2—4 Lavbl. + 1(—2) Løvbl. Allerede fra Kimbladakslen udvikles en typisk Jordudløber; den kan være vandret (se RAUNKIÆR's Billeder), men kan ogsaa straks søge skraat nedad i Jorden (Fig. 20 *B, C, D*). Jordudløberne kan leve flere Aar; Raunkiær har udgravet en, der var over 1 m lang og talte 10 Aargange. De grener sig stærkt, men uregelmæssig; der er en Knop i hver Lavblad-aksel, men kun enkelte plejer at udvikles. Spidsen bøjer før eller senere opad og danner Lysskud, af hvilke de blomstrende har 1—3 Løvblade. Se iøvrigt P. E. MÜLLER 1894: 132, Fig. 19.

Lycopodium regner jeg ogsaa til Arterne med Langskud, men som bekendt med talrige smaa, skælformede eller linieformede eller tilspidsede Blade: lepidoïde og pinoïde.

Til de Arter, der har baade krybende Lysskud og underjords, vandrende, rodslaaende Skud, hører *L. alpinum* L. Typiske Udløbere kan man ikke kalde disse Underjordsskud, fordi de ikke er langleddede, snarere maa man vel kalde dem Rhizomer eller Organer „sui generis".

I. B. Klatreplanter med Jordudløbere.

Der gives vist ikke nogen Klatreplante, hvis Lysskud ikke er straktleddede og opadstræbende; det vilde være unaturligt, om de ikke var det. Det er derfor naturligt at omtale de urteagtige i Tilslutning til de oprette Langstauder med Jordudløbere, som er omtalt i det foregaaende, og det vil være mest nærliggende at knytte Forbindelsen mellem disse gennem

Papilionaceer af ***Lathyrus-Vicia*** Typen, der er meget godt kendte ved Undersøgelser af IRMISCH (1859), WARMING (1884, 1897) o. a. Deres Kimblade er hypogæiske, deres Lysskud straktleddede med Lavblade forneden (Fig. 21).

Ovenfor (S. 316 ff.) omtaltes nogle Papilionaceer, som er Mellemformer mellem Langstauder med længe levende Primrod og Tueform med flerhovedet Mellemstok paa den ene Side og paa den anden Side Langstauder, hvis Primrod hurtig taber sin Betydning overfor de mange Birødder, og som har typiske Lavbladudløbere, idet Primroden lever længere, og Udløberdannelsen er mindre typisk.

Idet jeg fra disse gaar videre til Arter med typiske Jordudløbere træffer jeg først f. Eks.:

Lathyrus maritimus (L.) Bigelow; den er ingen Klatreplante, da den i Enden af sine Løvblade kun har en lille, krummet Spids, men ingen typisk Slyngtraad. Primroden lever meget længe, maaske hele Livet efter JOH. ERIKSON (1896). Primskuddet grundlægger en Mellemstok, fra hvilken de undertiden indtil 1 m lange, grenede, sparsomt rodslaaende Jordudløbere udgaar. Jeg har afbildet disse 1906, Fig. 45, S. 86; Enderne er krog-

formet ombøjede som hos de andre nedenfor nævnte Arter. Rødder dannes fra ubestemte Steder, dels fra Bladfæsterne, dels fra Leddene. Efter IRMISCH udgaar der Grene fra Kimbladakslerne og de nederste Lavbladaksler paa Primskuddet. Jeg har undertiden fundet to Udløbere fra samme Bladaksel. Efter BUCHENAU forekommer der ogsaa overjordiske Udløbere.

En hel Række andre Arter af *Lathyrus* og *Vicia* er derimod som bekendt ægte Klatreplanter, f. Eks. *Lathyrus paluster* L., *L. pratensis* L., *L. silvester* L., *L. heterophyllus* L. I deres Skuddannelse m. m. afviger de ikke væsentlig fra L. maritimus. (Se ogsaa BRUNDIN: 58).

Jeg har fulgt Udviklingen hos *L. paluster* L. var. *Finmarkensis.* Fig. 21 viser, at der straks fra Kimbladakslerne udvikles Lavbladudløbere, som bøjer stærkt nedad og vokser skraat ned i Jorden. De kan blive meget lange og tynde.

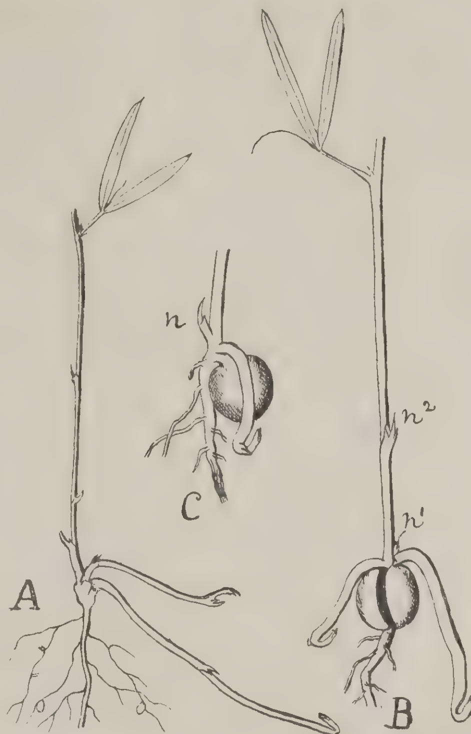


Fig. 21. *Lathyrus paluster* var. *Finmarkensis.* Dele af Kimplanter, tegnede 5. Juni. *A*, form., *B* og *C* omtr. $\frac{1}{1}$). *n*, n^1, n^2, er Lavblade (tretandede Skælblade).

Lathyrus pratensis L. De udsaaede Frø spirede først efter et Aars Forløb. Primroden kan leve flere Aar, men mangler paa ældre Eksemplarer. I Spiringsaaret dannede sig et ret grenrigt, overjordisk Stængelkompleks med mange Jordudløbere som hos forrige.

Lathyrus silvester L. Hovedmassen af mine udsaaede Frø spirede først Aaret efter Udsæden. Primroden blev en svampet Pælerod, som levede mere end et Aar. En flergrenet Mellemstok dannedes ved Grunden af Primskuddet, af hvis Skud nogle var Jordudløbere.

Samme Type af Livsform findes hos en Mængde *Vicia*-Arter. *Vicia sepium* L., *V. cracca* L., *V. tenuifolia* Roth, *V. silvatica* L., *V. pisiformis* L., *V. dumetorum* L. omtales af IRMISCH. Mine Undersøgelser gav intet afvigende. Spiringen har jeg fulgt hos *V. sepium*; af to Søster-Skud (fra samme Bladaksel) kan det ene blive Lysskud, det andet Jordudløber. Primroden synes i det hele at leve længe hos de nævnte Arter.

En usædvanlig rigtgrenet Mellemstok fandt jeg hos *Vicia dumetorum.* Hos Kimplanterne udviklede sig en saadan Mængde Skud ved Primstængelens Grund, at det var mig umuligt at finde ud af deres genetiske Forhold (4 Generationer fandtes). Nogle af de nederste søgte ned i Jorden som korte Lavbladudløbere med krogbøjet Spids. Den kan blomstre i 1ste Aar. Primroden var kraftig og varer vist længe.

Vicia Cassubica L. hører til samme Type; jeg fandt dens Udløbere temmelig tykke og klodsede, og Spidsen var kun lidet eller slet ikke bøjet. Rimeligvis slutter mange andre Arter sig ogsaa hertil, f. Eks. *Vicia Pyrenaica* (der dog ikke er Lian).

Saa vidt jeg kan se, hører det til Sjældenheder, at Klatreplanter har Udløbere, det være sig Lys- eller Jordudløbere, da man ikke kan medtage saadanne Forhold som det, der saa ofte ses f. Eks. hos *Convolvulus arvensis*, at Skud, som ikke finder nogen Støtte at slynge sig opad, lægger sig ned paa Jorden uden at slaa Rødder. Skuddene hos *Convolvulus arvensis* L. dannes forøvrigt i stor Mængde paa vandret løbende Rødder, der kan ligge i mindst 20—30 cm Dybde, og de vokser lodret i Vejret som Lavbladskud med en Knop i hver Bladaksel, hvorved de bliver helt knudrede. De kan grene sig ret stærkt. Jordudløbere i morfologisk Forstand har denne Art altsaa ikke, men Rødderne fungerer biologisk som saadanne ligesom hos et stort Antal andre Plantearter.

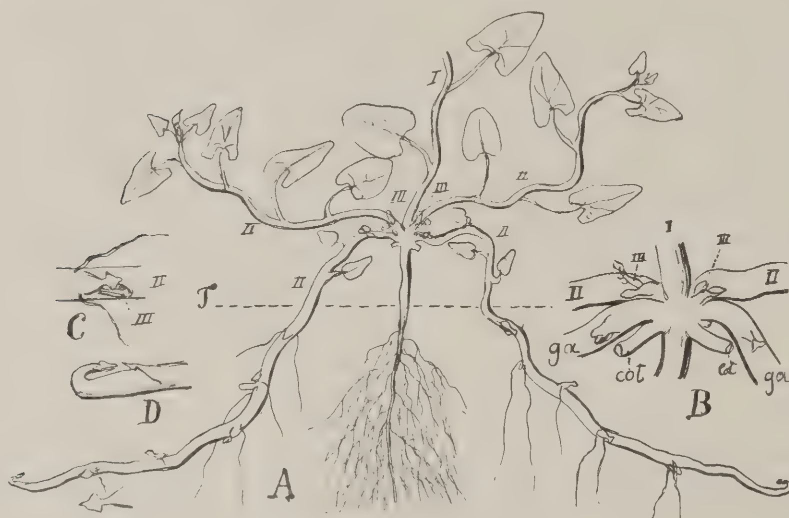


Fig. 22. *Convolvulus sepium.* *A* (omtr. ½), en Kimplante med jordsøgende Tillægsskud under Kimbladenes som Løvskud udviklede Hovedskud. Enkelthederne ses i *B* (1/1), hvor Primaksen er mærket I, Hovedsideskuddene II, deres Sideskud III i den nederste Lavbladaksel, og deres Tillægsskud *ga*; ogsaa disse er i Færd med at grene sig. *C*, viser Roddernes Stilling ved Siden af Lavbladene. *D*, Udløber-Ende.

Derimod har ***Convolvulus sepium*** L. saadanne ganske typiske. Fig. 22 viser, at der fra hver af Akslerne af de epigæiske Kimblade (der er langstilkede og omtrent bredt ægdannede med afskaaren Spids) udgaar to Grene, af hvilke den øverste, ganske som hos *Asperula* o. a., bliver Løvbladskud, medens den nederste (efter paa det tegnede Eksemplar at have dannet et Par smaa Løvblade) vokser ned i Jorden og bliver Jordudløber med krogbøjet Spids (Fig. *A*, *D*). (Irmisch, 1857, tegner den med ret Ende, og dette forekommer ogsaa sammen med den krogbøjede). Lavbladene har Antydning af Plade (Fig. 22 *A* og *C*). Udløberne danner straks to Rødder ved Bladfæsterne, een ved hver Side af Bladene, ganske som hos Physalis, med hvis Udløbere der er stor Lighed (Fig. *C*, *A*). Figur *A* viser ogsaa, at Udløberne straks begynder at grene sig. De er om Efteraaret ret kødfulde og skøre, saa at de let brækker itu, og de bliver ofte ret tykke (indtil Gaasefjers Tykkelse) henimod

Spidsen, rige paa Oplagsnæring. Ved Vintertid har jeg fundet dem liggende uden Rødder, fuldtproppede af Stivelse, som en Slags meget lange Kartofler.

Efter Irmisch (hos hvem der 1857 findes en udmærket Fremstilling af de to Arters Bygning og Biologi) dør Primaksen og Primroden i 1ste Efteraar. Arten er vist altid (?) pseudoannuel. Hos mine Kimplanter var Primaksen og Grenene fra den samt Primroden døde i Begyndelsen af November; tilbage var kun de to hvide, tykke (4—5 mm), faste, sparsomt rodslaaende Udløbere, af hvilke nogle havde naaet en Længde af 65—75 cm. De var allernederst ogsaa selv døde. De havde korte Sideskud. Irmisch fandt ingen Blomstring i Spiringsaaret, men dette afhænger vist af Forholdene; Hildebrand fandt, at Kimplanter kan blomstre i 1. Aar.

Denne Art er ogsaa Eksempel paa, at Løvskud kan lægge sig ned paa Jorden, blive Lysudløbere og derefter vokse ned i Jorden og blive Jordudløbere. Dette skal især ske hen paa Efteraaret, formodentlig formedelst den da herskende større Fugtighed i Luft og Jord.



Fig. 23. *Convolvulus soldanella.* 8. Juni. Fra en Jord-Udløber (I), hvis ifjor udviklede Lysskud-Del er død, udgaar der et Sideskud, II, som naaer op over Jorden og har udfoldet 5 Løvblade; fra dens allernederste Lavblad-Aksel udgaar en noget nedadsøgende ny Jordudløber III. (Lidt form.).

Convolvulus silvestris stemmer efter Eksemplarer i Univers. Bot. Have ganske med C. sepium. I Slutningen af Marts har jeg fundet alle overjordiske Skuddele visnede, men i Jorden laa hvide Lavbladskud, tildels meget tykkere og med kun lidet ombøjet Ende.

Convolvulus soldanella L. klatrer sjælden; mest ses dens Skud ligge udstrakte paa Sandet. Dens meterlange Jordudløbere er noget kødfulde og har krogbøjet Ende. Lavbladene er tykke, trekantede Skæl. Rødder findes kun ved Bladfæsterne, sædvanligvis een ved hver Side som hos C. sepium. Undertiden kan de blive ret tykke. De grener sig stærkt; ofte bærer hver Gren straks ovenfor sin Grund to Sidegrene, som udspringer fra to tæt ved Grunden staaende Lavblade. Grenender naaer i Foraarstiden op over Jorden og bliver grønne eller lidt rødlige Løvskud, der lægger sig ned paa Sandet eller kan blive slyngende. Om Efteraaret dør de overjordiske Skud bort ned til større eller mindre Dybde (Fig. 23 I). Se yderligere Warming 1897 (Halofytstudier): 179, Fig. 4; 1909: 289.

Humulus lupulus L. er en anden Slyngplante, som ifølge Johs. Schmidt kan have Jord- og Lys-Udløbere, om end sjælden. Den har iøvrigt et kraftigt mangeaarigt Rodsystem og en kraftig Stængelgrund med Masser af Skud (en Mellemstok), der hører til flere Generationer. Kimplanter kan blomstre i Spiringsaaret.

I. C. Buske, Dværgbuske og Halvbuske med Jordudløbere.

Som en tredie Gruppe af Langkudplanter med almindelige Jordudløbere anfører jeg en Række Arter af ovennævnte Livsformer. Ved forskellig Lejlighed har jeg omtalt Vedplanter og Halv-Vedplanter med ægte Jordudløbere (1884, 1885, 1898, 1916), til hvilke jeg her henviser. Men nogle Hovedpunkter maa jeg dog for Sammenhængens Skyld anføre her tillige med nogle Tilføjelser.

Af Træer med Jordudløbere kender jeg ingen sikkert, men vel mange med Rodskud. Der er dog *Anona*'er med blomsterbærende Jordudløbere; Eichler har 1883 beskrevet og afbildet en brasiliansk Art, *Anona rhizantha*[1]), der har særegne, blomsterbærende Skud, som udspringer fra Stammen „am Erdboden oder auch höher am Stamm, ..., im Allgemeinen des Laubes entbehren, sich in den Boden senken, unter demselben hinweglaufen und nun die Blüthen auf kurzen Seitentrieben, oft 3—5 Fuss vom Stamme entfernt, aus dem Erdboden heraus zum Vorschein bringen"; derfor Navnet „rhizantha". Jeg selv har 1892 i D. Vid. Selskabs Skrifter (6. R., VI, S. 210) omtalt en anden Art, *Anona pygmæa*, som jeg oprindelig (1873) betragtede og beskrev som en Form af *A. coriacea*. Muligvis hænger disse 0,1—0,15 m høje blomstrende Skud, som vokser op af Jorden, sammen med *Anona*-Træer i Campos, der maaske var mig bekendte som blomsterbærende, eller som maaske aldrig optræder anderledes end med blomsterløs Krone.

Af Højbuske og mellemstore Buske er der flere, som har Jordudløbere, f. Eks. *Amygdalus nana*, *Diervilla Canadensis*, *Philadelphus coronarius*, *Rosa Regeliana*, *R. Ivora* og efter afd. Gartner Friedrichsen *Spinosissima*-Grupperne, *Symphoricarpus racemosus* Mich., *Syringa vulgaris* L. Efter Büsgen ogsaa hos *Corylus avellana*[2]).

Disse Udløbere bøjer sig ligesom de typiske Jordudløbere opad og bliver Lysskud, hvorved Buskens Mangestammethed i væsentlig Grad kan forøges.

Om Klitrosen (*Rosa pimpinellifolia*) har jeg været i stor Uvished; den danner jo ofte i Klitegne store, ret uvejsomme, lave Krat, og samme Sted ser man talrige, lave Skud komme op af Jorden, nogle maaske blomstrende. Særlig smukt har jeg set dette paa afbrændte Klitheder, f. Eks. i Vrøgum Plantage (Juni 1917). Disse lave Skud skyder oftest bueformet op fra vandrette, brune Aksedele, som kan blive over 1 cm tykke og meget lange. Om disse Akser er Rødder eller Stængler, er ret vanskeligt at sige; jeg har set korte blege Lavbladskud vokse ud fra dem, men aldrig har jeg truffet lange, tydelige Lavbladudløbere. Da de imidlertid alle har en tydelig Marv, og da jeg 1917 fandt nogle, der var lange, brune Strænge, men tydelig havde smaa og regelmæssig stillede Knuder, som ikke kunde være andet end Knopper, maa jeg antage, at denne Art ogsaa har Jordudløbere, hvilket vel ikke hindrer, at den ogsaa kan have Rodskud.

Denne Art staar i Størrelse mellem de mellemstore Buske og Dværgbuskene. Det samme gælder *Ledum palustre* L. og *Vaccinium uliginosum* L. Jeg har

[1]) Jahrbuch d. botan. Gartens in Berlin, 2.

[2]) Nærmere hos Warming 1915, Bot. T., 35, Dansk Plantevækst **3**: 23 ff. Om Syringa 1884: 77.

1915 [1]) omtalt de underjordiske, ofte lange fingertykke Stængler, som bueformet bøjer sig i Vejret op til Lyset; jeg har heller ikke her fundet typiske Lavbladudløbere, men vel korte og blege Sideskud, og er mest tilbøjelig til at betragte Hovedmassen af tykke Aksedele som Lysskud, der er bleven begravede af Mosset ved dettes Vækst. C. A. M. LINDMAN har 1914 (se ogsaa WARMING 1916: 6, 127) henført dem til sine „Geoxyler“ eller „Jordlignoser“. Om *Ledum* hedder det (S. 274), at „större delen af stamsystemet, som är förvedadt og stark förgrenadt, är hypogeisk i den meningen, att det är doldt i en jordmån af idel Sphagnum“. Paa lignende Maade, mere kort, udtaler jeg mig 1884: 47, og GANONG angiver fra N. Am. det samme om *Ledum latifolium* [2]).

Hos *Vaccinium uliginosum* finder man noget ganske lignende; den har under Jorden mere eller mindre vandrette og skraat liggende, tykke og brune Stængler, der bueformet søger op efter. Lavbladsskud kan bryde frem af dem som ægte Udløbere, men synes ikke egentlig at angive den normale Udvikling. Det samme har jeg fundet og afbildet hos den arktiske Varietet: *microphyllum* (1912: 46, Fig. 29).

Ifølge DACHNOWSKI har *Cassandra calyculata* (*Chamædaphne calyc.*, *Lyonia calyc.*) „long underground stems from which aerial leafy branches rise at short intervals“. Jeg kender ikke disse. Men af ganske samme Livsform som Ledum og Vaccinium uliginosum synes *Salix repens* L. at være. Jeg har nærmere omtalt den 1909, S. 133. Ogsaa hos den kan næsten typiske Lavbladskud opstaa, naar den begraves, hvilket vel næsten altid sker, hvor der er Sandflugt, og i ældre Klitter kan man finde tykke mange Aar gamle Stammer i Jorden. Nærmere l. c. med Billeder. Dens overjordiske Stængler er jo, som dens Navn angiver, krybende, d. e. nedliggende og rodslaaende.

Salix myrtilloides synes i meget at ligne den og de nævnte til Sphagneta og Højmoser knyttede Arter.

Væsentlig forskellige fra de nu sidst nævnte fire Arter, der paa en Maade kan siges at have „uægte“ Jordudløbere, er en Række Dværgbuske med ganske typiske saadanne. Det er vel næppe tilfældigt, at det netop er Dværgbuske, endog meget lave Arter, som Vaccinium vitis idæa, der har Udløbere, og at Lysskuddene hos de fleste har en stærkt begrænset Livsvarighed. Jeg kender bedst til følgende fem – seks Arter.

Vaccinium myrtillus L. Sin selskabelige Vækst skylder den sine typiske Jordudløbere, som er velbekendte; jeg har afbildet dem 1884, S. 76. (Se ogsaa 1916: 126). Den maa kaldes en ægte Busk, fordi den har ugrenede Aarsskud og Knopskæl.

Vaccinium vitis idæa L. Fig. 24. Jeg har afbildet dens Jordudløbere 1885: 194, Fig. 14; se ogsaa 1912: 50, Fig. 32, og hosstaaende Fig. 24.

---

[1]) Dansk Plantevækst, **3** („Skovene“) i Bot. Tidsskr. (**35**; 25).

[2]) Han udtaler om de underjordiske Stængler, at de kan „grow upwards continuously with the growth of the moss; there seems to be no logical limit to their growth — and no cause for death —“. Om Ledum se ogsaa SYLVÉN: 133.

Andromeda polifolia L. Warming 1908: 29, Fig. 19, 20; 1916: 127. I Fig. 25 har jeg tegnet en Udløber den 19. Juli; den vokser bueformet op over Jorden. Lavbladudløberen viser den for saa mange Ericineer ejendommelige Stilling af de haarfine Rødder i Bladakslerne (jfr. l. c. Fig. 19).

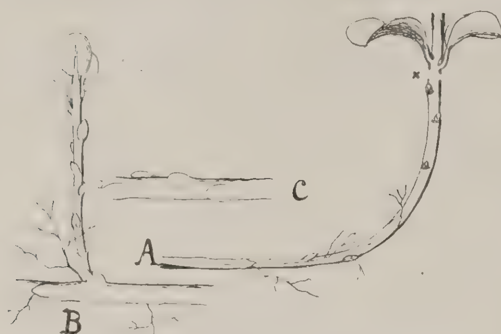


Fig. 24. Udløberdele af *Vaccinium vitis idæa*. 19. Juli. *A*, en Udløber gaar i Bueform op over Jorden; ved x er et Stykke af den udeladt. *B*, fra en Udløber gaar en Gren lodret op og har naaet op til Lyset. *C*, Ende af en Udløber (blegrød). I *B* og *C* ses en tynd, grenet Rod i de fleste Lavbladaksler. Lysskuddene var i Løvspring; de allerøverste Blade endnu i Bladleje. *B* og *C* omtr. $\frac{1}{1}$, *A* form.

Myrica gale L. Jeg har omtalt og afbildet den 1916: 23, Fig. 16 og 128.

Chimophila (*Pirola*) *umbellata* (L.) DC. maa vel nok kunne regnes til de ægte Dværgbuske med stedsegrønne, men kortvarige Lysskud (de bliver vist næppe over 6 Aar gamle). Hvert Aarsskud begynder med Knopskæl, mellem hvilke og de 3—5 læderagtige Løvblade der findes andre Skælblade (Fig. 26). Skuddene afviger fra de typiske Langskud ved Rosetstilling af Løvbladene, men disse Rosetter er fjærnede fra hverandre etagevis (Fig. *A*). Endeknoppen i Fig. *C* er vegetativ og dækket af mange Knopskæl. I Fig. *B* er Skuddet afsluttet af en Frugtstand; den øverste Sideknop er størst. Jordudløberne har krogbøjet Ende (Fig. *D*, *E*) og 1, tynd, akselstillet Rod ved de fleste Blade ovenfor Akselskuddet (Fig. *D*).

En i sit Lysskud yderligere reduceret Form af Dværgbusk repræsenteres af de smaa Polarpile: *Salix herbacea* L. og *Salix polaris* Wg. Lysskuddene er kun faa cm lange og bærer oftest kun 1 Knopskæl og 2 Løvblade. Naar de kan danne saa tætte Samfund paa visse Standpladser (navnlig bløde Mosmaatter i Moser), skyldes dette deres Jordudløbere. Jeg har kun kunnet undersøge *Salix herbacea* nærmere. Lysskuddene har Aarsskud, som i Almindelighed kun bærer 1 Knopskæl og 2 (—3) Løvblade. Blomsterstanden er endestillet; Hovedknoppen sidder i øverste Bladaksel. Løvskuddene er Enderne af hvide, typiske Jordudløbere, som er rodslaaende og har en Knop i hver Bladaksel; et rigt grenet Skudsystem kan opstaa. Spidsen af Jordgrenene er ret. *Salix polaris* har samme Voksemaade[1]).



Fig. 25. *Andromeda polifolia*. 19. Juli. Udløberne er ganske som hos Vaccinium vitis idæa. Løvblad-Randene er rullet tilbage. Rødderne paa Ericiné-Vis enlige i Bladakslerne.

Sluttelig kan her henvises

[1]) Th. Holm, 1887, Dijmphna-Togtets Zool.-botan. Udbytte, Kjøbenhavn; S. 55. Thekla Resvoll 1917: 118, 119.

til en Art, der nærmest er en Halvbusk, nemlig *Rubus saxatilis* L., hvis Udløbere kan naa 1,5—2 m, men de er dog for største Delen Lysudløbere (WARMING 1884: 54; KNUD JESSEN 1914: Fig. 29).

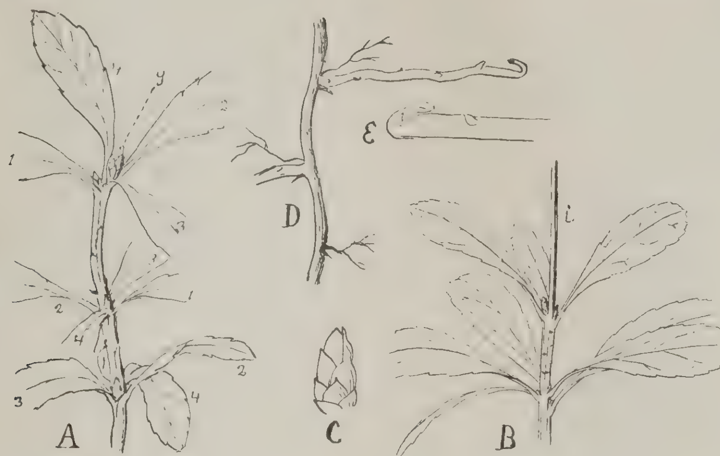


Fig. 26. *Chimaphila umbellata* (form.). *A*, viser Aarsskuddenes Bygning: et Antal Lavblade efterfølges af (her 4) omtr. kransstillede Løvblade, paa dette Skud alle i højre Skrue. *g*, Endeknoppen; Blad 1 af øverste Bladsæt støtter Hoved-Sideknoppen. *B*, Del af et frugtbærende Skud. *C*, en Vinterknop (forst.). *D*, Del af en grenet Jordudløber; man ser en tynd Rod udgaa fra Bladakselen. *E*, Enden af en Udløber med den krogformede Spids.

I. D. Rosetstauder (se S. 303 og 305).

Som Eksempler paa Rosetstauder (Helrosetplanter) med almindelige Jordudløbere kan følgende anføres:

***Tussilago*-Typen.** *Tussilago farfarus* L. Over denne Art foreligger en ret stor Litteratur; særlig maa henvises til IRMISCH 1851, 1853; P. NIELSEN 1877. Jeg har ogsaa selv studeret den og meddeler her et Billede af en Kimplante, der anlægger de første Jordudløbere (Fig. 27). Disse er hvide, langleddede Lavbladskud med ret, kegleformet Spids, og som tidlig danner Rødder baade tæt under Bladfæsterne og ret uordentlig paa Leddene. De kan blive indtil 2 m lange, grener sig stærkt og gaar dybt ned i Jorden („højst nogle Fod" P. N.). De enkelte Skud lever efter P. NIELSEN ikke ud over 3 Sommere: „den første Sommer vokser de oftest skjulte under Jorden, det følgende Foraar træder de frem for Lyset som løvbladbærende Skud, og i Foraaret derefter afsluttes deres Livsløb med Frugtmodningen". Om Blomsterstandene siger han S. 1, at de kommer frem „efter Bladene" .... „de ville findes udviklede i Bladhjørnerne i Oktober og November, men saa snart Frosten

indfinder sig, henvisner Bladene hurtig og forraadner derpaa i Løbet af Vinteren, ligesom ogsaa Stængelspidsen bortfryser, hvis den ikke ender med en Blomsterknop"; S.14 siger han det samme: „næste Vinter vil Udløberne *a'* tilligemed deres bladkronede Spidser *b* forraadne o. s. fr.". Det fremgaar heraf, at P. Nielsen har udtrykt Forholdet med de ikke blomstringsdygtige Rosetskud rigtig (se herom Warming 1884: 74—75 og C. Raunkiær's Bemærkninger hertil og til Irmisch 1907 b: 203). Ved Kollekolle i Hareskov har jeg i Maj Maaned set enkelte Rosetter, der saa ud til at have et overvintret lille Løvblad under de nye friske; muligvis kan Arten derfor under særlig gunstige Forhold have overvintrende Løvblade. Dens øvrige Forhold er velkendte.



Fig. 27. *Tussilago farfarus.* 28. Oktober. Kimplante med 4 stærkt jordsøgende Udløbere; omtr. $\frac{1}{4}$.

Jfr. Brundin: 74; Sylvén: 31.

***Petasites** ovatus* Hill. (*officinalis* Moench) slutter sig nøje til Tussilago, har ligesom denne sine Løvblade paa særlige Skud og afviger mest ved at have et enkelt endestillet Skaft med Blomsterstande, men ingen sidestillede. I Blomstringstiden er der ingen Løvblade paa den Akse, som begrænses af Standen, men ved dennes Grund kan der sidde flere lukkede Knopper, som senere vil danne Rosetskud (Fig. 28). Udløberne, der ender spidst (Fig. 28 *B*), kan blive meterlange og omtr. 10—15 mm tykke; Leddene er indtil 12 cm lange. De kan vist leve flere Aar. De kortleddede Rosetskud kan staa flere Aar paa Rosetstadiet.

Yderligere hos Brundin: 72.

I det store og hele stem-

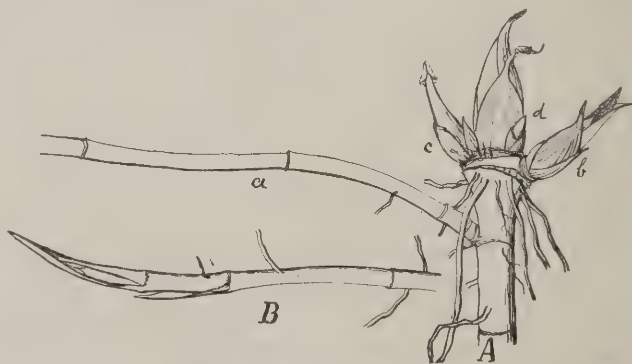


Fig. 28. *Petasites ovatus* (*officinalis*). 9. Marts; ca. $\frac{1}{2}$. *A*, *a*, Udløber; de næste højere Knopper er *b* og *c*; *d*, Endeknoppen, der indeslutter en Blomsterstand. I *c* er et Løvblad traadt ud af Knoppen, det vender Rygsiden opad. *B*, Ende af en Udløber.

mer med den *Petasites spurius* (Retz). Rchb. (se WARMING 1896: 85, Fig. 44), *Petasites albus* (L.) Gaertn. og *P. frigidus* (L.) Fr.

***Pirola*-Typen.** En afvigende Type danner vore fem egentlige *Pirola*-Arter (undt. *P.* (*Chimaphila, Moneses*) *uniflora*; se WARMING 1884: 85, Fig. 23), og *Chimaphila umbellata* (L.) DC., som omtaltes ovenfor S. 327). De afviger fra de foregaaende bl. a. ved Løvbladenes større Varighed (mindst 2 Aar) og navnlig Stilling (i Rosetform paa Enden af de oprette korte Aarsskud, som ender med skælklædte Vinterknopper). Ogsaa Udløberne lever aabenbart ret længe, og Pirolaernes Skud bliver mere eller mindre forveddede. Man vil derfor ogsaa finde, at nogle Botanikere regner dem til Urterne, andre til Halvbuskene. De langleddede, tynde, grenede Jordudløbere vandrer vidt omkring; deres Ender er krogbøjede, og deres Rødder sidder ligesom hos mange af de beslægtede Ericaceer (se S. 326) enkeltvis i Bladakslerne ovenfor Akselknoppen, oftest tæt over, undertiden lidt fjernet fra denne. Om *Pirola rotundifolia* L. og var. *groenlandica* Raddi se nærmere hos WARMING 1885: 165, Fig. 2 og 1912: 56—64, Figg. 38, 39, 40, 41. Vore andre Arter afviger ikke i Skudbygning fra denne; hos *P. secunda* kan fra de øvre Lavbladaksler udgaa blomstrende Skud med nogle faa Lavblade og i alt Fald eet Løvblad. Dens Primrod lever længe (KJELLMAN i Bot. Not. 1886: 209).

Af ***monokotyle Rosetplanter*** med Jordudløbere findes ogsaa nogle, saasom:

Goodyera repens (L.) R. Br. — Raunkiær: DBN 325; 1907: Fig. 32 A, Fig. 152. Dens Udløbere har lange, udstaaende Haar baade paa Rødder og Stængler. De staar mellem Jord- og Lysudløbere.

Scheuchzeria palustris L. — Warming 1876—77, Bot. T. 9: 100, og Figur. Raunkiær DBN: 93. En helt typisk Roset har den ikke; de lodrette Grundakser kan være straktleddede, men maaske skyldes dette en ringe Etiolering i det tætte Sphagnum. I August har jeg fundet Udløberne fulde af Stivelse.

Convallaria majalis L. er en ret ejendommelig Type, idet Rosetten kun dannes af (1—) 2—3 Løvblade, og dens Akse er monopodial (?) og stærkt fortykket. Hvert af de lodrette Skud (Mellemstokkene) har 3—6 Lavblade og de nævnte Løvblade, og Blomsterstanden udgaar efter nogle Angivelser fra øverste eller næstøverste Lavbladaksel, i alt Fald er dette den almindelige Angivelse. Hermed synes det iøvrigt at stemme godt, at Mellemstokken lever flere Aar, og Aar efter Aar danner en kortleddet Fortsættelse; Blomsterstand udvikles dog ikke hvert Aar. Udløberen frembyder intet mærkeligt: den er langleddet (Leddene indtil 5 cm), med svagt grenede Rødder til alle Sider under Bladfæsterne, mest fra Skuddenes Ombøjningssteder; Spidsen er ret.

Morfologien er undersøgt af IRMISCH, AL. BRAUN, P. E. MÜLLER (1894: 92 og 116, Fig. 16), RAUNKIÆR (DBN: 204; 1907: 68 o. a.).

Af tropiske Arter gives aabenbart en Del, som maa kunne føres herhen, f. Eks. Arter af *Agave, Sanseviera, Cryptocoryne.*

Hertil slutter sig nogle ***Vandplanter***, hvis Udløbere er mere eller mindre

over- eller underjordiske, f. Eks. *Vallisneria spiralis,* der har ubegrænsede Rosetskud med aksillære Blomster og med traadformede Lavblad-Udløbere (se RICHARD Mém. de l'Inst. 1811, 2, Pl. 3; IRMISCH, NOLTE, o. a.).

Litorella uniflora (L.) ASCHERS. (*lacustris* L.). Se WARMING 1897: 99, Fig. 11.

I. E. Halvrosetstauder

med almindelige, straktleddede Jordudløbere (se S. 304).

Ovenfor omtaltes Halvrosetskuddets Bygning. Det er en Mellemform mellem Langskuddet og Helrosetskuddet; men det er ogsaa ofte en Mellemform deri, at Rosetdelen kan være noget straktleddet og faabladet, saa at man kan være i Tvivl, om Arten ikke skal regnes til Langskudsplanter, og man træffer Eksempler paa, at af to Arter i samme Slægt har den ene utvivlsomt Halvrosettypen, den anden snarest Langskudstypen. Som Eksempler paa disse Forhold henviser jeg til *Achillea, Valeriana* og *Thalictrum.*

Compositæ. *Achillea millefolium* L. THEKLA RESVOLL har 1906 publiceret en Fremstilling med Billede af dens Voksemaade, og jeg har mange Gange undersøgt den, samt fulgt Spiringen (se desuden BRUNDIN, SYLVÉN o. a.). Den har ægte, straktleddede Lavblad-Jordudløbere med tynde Rødder, dels ved Bladfæsterne, dels paa Leddene, især ved Ombøjningstederne, hvor Stænglerne tillige bliver tykkere. De forvedder en Del. De kan have en Længde af 30 cm og derover, grener sig uregelmæssig, ofte stærkt, og ender med ret Spids. Dybdelejet kan være 7 cm. Naar de træder op over Jorden, danner de straks en Roset af Løvblade, der er vintergrøn. I 2det Aar strækker Skuddet sig ofte og bliver blomstrende Langskud; undertiden sker dette først i 3die Aar, eller maaske slet ikke.

Kimbladene er epigæiske og efterfølges af Løvblade i Roset. Birødder dannes hurtig, men Primroden kan undertiden blive ret tyk og vistnok leve ret længe. Fra Kimplanterne udgaar snart Udløbere; paa Kimplanter, der var 6 Maaneder gamle, fandt jeg Udløbere paa 10 cm Længde. Der kan findes Udløbere, som bøjer sig nedad fra Rodhalsen, men oftest findes Udløberne at være omtrent vandrette indtil Ombøjningsstedet. Nogle Jordstængler har jeg fundet haarede.

Achillea ptarmica L. WEIDEMANN har fulgt Spiringen. Efter de epigæiske Kimblade følger oftest to Løvblade paa korte Led; derefter bliver Primskuddet straktleddet, men Kimplanten kan straks blive straktleddet. Alle senere Løvskud har paa lignende Maade en ufuldkommen Rosetdannelse ved Grunden; undertiden er Arten ret typisk Langstaude. Dette, antager jeg, staar i Forbindelse med Voksestedets større Fugtighed og Muldrigdom. Hermed staar vel ogsaa det i Forbindelse, at Udløberne ofte er længere end hos A. millefolium, mere langleddede, den hele Vækst derfor mindre tueformet. Iøvrigt udgaar der, efter WEIDEMANN, Udløbere allerede fra Kimbladenes og de nederste Løvblades Aksler. Kimplanten kan blomstre i 1. Aar. SYLVÉN S. 11.

Tanacetum vulgare L. ligner mest Achillea millefolium; den er mere tueformet, hvilket skyldes den stærkere Grendannelse ved Grunden af de om Efteraaret visnende Skud. De saaledes dannede Mellemstokke kan blive kraftige og forvedde, og bærer om Vinteren mange oprette Knopper med Knopskæl, som har deres Plads i Akslerne af de mere eller mindre typiske Rosetters Løvblade. Fra disse udgaar dels Løvskud, som ved Grunden ligger ned og slaar Rødder, dels trænger fra dem ogsaa typiske Jordudløbere ned i Jorden; de kan være 20—30 cm lange og har ret Spids. De ældre Udløbere er mest vandrette og ligger kun i ringe Dybde under Jordoverfladen. — Sylvén S. 12.

Cirsium heterophyllum (L.) All. De typiske Jordudløbere løber temmelig vandret eller svagt buekrummede; de har Rødder baade ved Bladgrundene og Stængelleddene. De ender med en typisk Løvbladroset og en noget tykkere Stængel.

Valeriana. Paa noget lignende Maade som de nævnte Compositeer stiller sig vore tre *Valeriana*-Arter. Jeg har fulgt Kimplanternes Udvikling hos *V. excelsa* Poir. (*V. sambucifolia* Mikan). Efter de epigæiske Kimblade følger Løvblade, først et Par med bred, næsten hjærtedannet-kredsrund Plade, derpaa sammensatte. En tre Maaneder gammel Kimplante havde dannet en Roset med flere Rosetskud og hvide, kraftige Rødder, men endnu ingen Udløbere. Aaret derpaa var der mange, 0,8 m høje, blomstrende Sideskud i Tueform. Jeg har fundet ægte Lys-Udløbere.

Paa lignende Maade forholder sig *V. officinalis* L. Ogsaa her dannes en lodret, eller noget skraa, tyk, kortleddet Mellemstok med Løvbladroset; efter Irmisch og Sylvén (S. 60), der har fulgt Kimplanternes Udvikling, fremgaar der af nogle Akselknopper nye Rosetskud, af andre, lavere staaende derimod vandrette, udløberagtige Grene. Men der er ogsaa ægte, vandrette, hvide Jordudløbere, hvis Længde jeg har fundet at være indtil 30 cm. De ender over Jorden med Roset. Af de nedenfor Bladfæsterne staaende Rødder er der nogle, som bliver ugrenede, glatte og tykke; de tjener utvivlsomt som Oplagsorganer. Lignende kan ogsaa findes paa Mellemstokkene. Dog er hertil at bemærke, at Udløberne næppe lever mere end een Sommer, derimod kan Mellemstokkene blive 2—3 Aar gamle. Jeg har ogsaa truffet Løvbladudløbere.

Hos *V. excelsa* fandt jeg i December helt raadne Rester af Sommerens assimilerende og blomstrende Skud, og kun Skudender med blege Lavblade om Knopperne og med mange tildels ret tykke Rødder var tilbage. Den synes at nærme sig mere til at være pseudoannuel end *V. officinalis*, hvilket formentlig maa sættes i Forbindelse med den fugtigere Standplads, som den ynder. *V. montana* synes at ligne disse to Arter.

Mindst typiske synes Udløberne at være hos *V. dioeca* L.; de synes mest at være korte Lys-Udløbere, der ender med ufuldkomne Løvbladrosetter. — Sylvén S. 61.

Ranunculus lingua L. Ved Vintertid findes Skud med Rosetform, og efter Irmisch's Figur (Bot. Ztg. 1857) samt min egen (1897, S. 183, Fig. 9) har ogsaa Kimplanten i sit tidligste Stadium Rosetform. Jeg henfører da denne Art til Halvrosetstauderne, til hvilke saa mange andre *Ranunculus*-Arter maa henføres; hvad man

oftest ser af den og navnlig ser liggende i Herbarierne, er dog de strakt- eller endog langleddede, blomstrende eller golde Løvskud med talrige, under Bladfødderne udspringende, tynde Rødder; ved Grunden kan de dog være ret kortleddede, og her er Løvbladene langstilkede og forlænget ægdannede. Fra disse Skud gaar Udløberne vandret ud i Vandet; de kan være rene Lavblad-Udløbere, hvide, med mange ugrenede Rødder nedenfor Bladfødderne udgaaende i alle Retninger. Spidsen er ret, men et Lavblad bøjer kappeformet sin Spids hen over den. Nogle Udløbere kan hurtig danne Løvblade, som ofte bliver meget langstilkede for at naa op over Vandet. Min anførte Figur viser, at de allerførste Lavbladudløbere paa Kimplanten bøjer sig stærkt nedad, men de løvbladbærende opad.

Chrysosplenium *alternifolium* L. og *oppositifolium* L. synes at slutte sig nogenlunde til foregaaende bl. a. i Henseende til de mere eller mindre underjordiske Udløberes korte Varighed og den kun faabladede Grundroset. Yderligere BRUNDIN: 100, Fig. 37.

Thalictrum. Vore *Thalictrum*-Arter har ægte Lavblad-Udløbere med ret Spids (se WARMING 1909, Fig. 176), men de synes at dannes sent, i alt Fald dannede mine Kimplanter ingen Udløbere i Spiringsaaret. De Rosetter, som findes ved Grunden af Langskud, er ofte faabladede, og Bladene sidder ikke saa tæt som hos typiske Rosetter. Imidlertid er de dog undertiden større end de højere siddende Løvblade, hvis Stilk bliver kortere, jo højere de sidder. Paa lysaabent Voksested er de mere vandret udbredte end paa skyggefuldt, hvad der jo ses hos saa mange andre Rosetplanter. (Skud af *Th. minus* paa Klitbund er i Fotografi afbildet hos WARMING 1909, DP. 2, 291, Fig. 176).

Hos *Th. flavum* kan Jordudløberne blive meget lange og ligge 5 cm og dybere i Jorden. Paa Kimplanten fandt jeg efter Kimbladene en kortleddet Stængel med Løvblade. Foruden Jordudløbere har den lodrette Vinterknopper paa Mellemstokken.

BRUNDIN: 56, Fig. 19.

Hos *Th. minus* sad der i Slutningen af Juli hos Kimplanter, som var 1 Aar gamle, en stor Knop, opad krummet og spids, ved Grunden af den nederste, kortleddede med Bladrester besatte Del af Lysskuddet (Mellemstokken).

Campanula. *Campanula rotundifolia* L. er en typisk Halvrosetplante, selv om Leddene mellem Rosetbladene undertiden er lidt strakte, formentlig ved Etiolement. Jeg har omtalt og afbildet Kimplanter m. m. i Bot. T. 1877, S. 84, Fig. 7. Jordudløberne er spinkle, ofte næsten traadfine Lavbladskud med ret Spids; dækkes de ikke af Jorden, bliver de til Løvblad-Udløbere, og saadanne kan gaa over til Lavbladskud. Birøddernes Stilling i Bladakslerne ovenover Knoppen er afbildet l. c. Primroden synes at kunne leve længe; den bliver tyk, hvid og fører Oplagsnæring. Dette i Forbindelse med, at Jordudløberne ikke bliver synderlig lange, og at Mellemstokken bliver flerstænglet, giver Arten den tueformede Vækst, som den ofte har. Jeg har ikke set Udløberne vokse skraat ned i Jorden; de findes ofte i Mængde om Stængelgrunden som korte, tynde, buekrummede, hvide, lidt grenede Lavbladskud, men de kan dog i Jorden naa en Længde af 25 cm. I nyere Tid har GOEBEL gjort

mange fysiologiske Forsøg med den og bl. a. paavist, at Forskellighederne i Skud- og Bladformer afhænger af Lysforholdene. — Yderligere hos SYLVÉN: 55.

Campanula persicifolia L. er endnu tydeligere Halvrosetplante med typiske Jordudløbere, der ender med Roset og de samme Bygningsforhold som hos C. rotundifolia. Her findes ogsaa Birødder fra Udløber-Leddene, og enkelte Birødder kan blive tykkere, hvide og glatte Oplagsorganer. Den er vintergrøn. Yderligere SYLVÉN: 55.

Blandt ***Umbelliferæ*** findes typiske Halvrosetplanter med Jordudløbere f. Eks. *Aegopodium podagraria* L. (Fig. 29). Kimplanten har overjordiske Kimblade (Fig. 29 *A*), der efterfølges af rosetstillede Løvblade. Disse er i Knopstadiet krogbøjede, og det samme gælder de næsten alene til Bladskeder reducerede Lavblade, der dækker Vinterknopperne (Fig. 29, *C* og *D*) eller sidder paa Udløberne (Fig. *H*). Primroden bliver hurtig kraftig og rynket. Den er endnu levende i 2. Aar og kan blive meget kraftigere end i 1ste. Der danner sig tidlig en Mellemstok med Rosetblade, og i disses Aksler sidder der Knopper, af hvilke nogle er opadrettede og udvikler Løvskud, andre svagt nedadrettede eller vandrette og bliver til Jordudløbere (Fig. *F*, *G*); nogen stærk nedadrettet Vækst har jeg dog ikke set hverken hos disse Knopper eller Udløbernes Grene; kun for de sidstes Vedkommende har jeg undertiden set tydelig jordsøgende Vækst (Fig. *E*, *G*). Dette staar vist i Forbindelse med, at Udløberne sjælden ligger dybt i Jorden, hos yngre Planter oftest kun 1—2 cm dybt, og at Løvskuddenes Vinterknopper ligger lige under Jordoverfladen, undertiden umiddelbart synlige. Udløberne kan blive meget lange (20—50 cm),

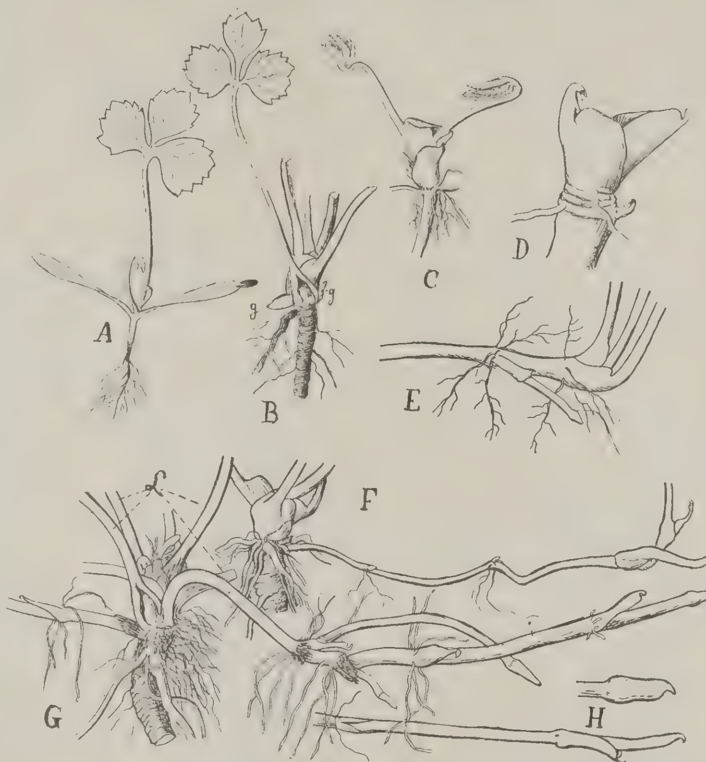


Fig. 29. *Aegopodium podograria*. *A*, Kimplante, ca. ½. Frøskallen sidder paa Spidsen af det ene Kimblad. *B*, Kimplante, 8. Aug. Løvbladene er allerede store. Primroden graabrun, rynket, med lange mest tynde Grene; *g*—*g*, Knopper. *C*, *D*, Ender af Jordstængler, Jan.—Febr. (d. 24. Jan.) fra Sorgenfri Skov. *E*, Enden af Udløber; en Gren er jordsøgende. *F*, ældre Kimplante med Udløber. *G*, Dele af en 13 Maaneder gammel Kimplante (6. Sept.); to Jordudløbere, den ene grenet. Gennem Løvbladgrundene bryder Lysskud frem. *H*, ca. ½. Ender af Udløbere, 11. Aug.

og da de tillige grener sig stærkt, bliver Arten et besværligt Ugræs. Udløbernes Rødder staar under Bladfæsterne og udgaar i alle Retninger; talrigst og kraftigst er de ved de kortleddede Ombøjningssteder. Allerede i Marts Maaned kan Vinterknopperne begynde Løvspringet, hvortil deres Plads saa højt oppe i Jorden vel er Aarsag. Om Aegopodium se ogsaa Sylvén: 137.

Berula (*Sium*) *angustifolia* (L.) Koch er en anden Umbellifer med Halvroset og sædvanlige Jordudløbere af lignende Bygning som Aegopodiums. Saavel Grene fra dem som fra de lodrette, korte og tykke Mellemstokke kan være stærkt jordsøgende. Om deres Ejendommeligheder se mine Optegnelser Bot. Tidsskr. 1876, **9**: 102 med Figurer. Mellemstokkene dør snart bort bagtil, saa at de der ender „afbidt".

Ogsaa blandt Monokotyledoner (Græsskudtyperne ses her foreløbig bort fra) findes Arter, der maa kunne regnes til Halv-Rosetplanter med Jordudløbere, for saa vidt som de orthotrope, vegetative Skud er løvbladbærende Kortskud, og Bladene ikke har lukkede Skeder, omend de er oprette og omfattende. Her tænkes først og fremmest paa ***Typhaceæ***. Jeg har 1897 i Vid. Meddel. (S. 172—76 med Fig. 4 og 5, S. 182 med Fig. 8) omtalt og afbildet Dele af *Typha angustifolia* og *Sparganium ramosum*; i alt væsentligt stemmer de indbyrdes og vore andre Arter med dem. De os her interesserende Hovedtræk er følgende.

Mellemstokken har korte Led, der bærer Løvblade i to Rækker og i alt Fald hos *Sparganium erectum* L. (*ramosum* Huds.) kan blive knoldformet opsvulmede. Fra denne kortleddede Stængeldel er det især, at Rødderne udgaar. Der er her to Slags, dels de, som jeg har kaldt Vandrødder, som er svagere og kan gaa ud i alle Retninger, dels andre, færre men tykkere og længere, som ikke hører til Vandrodstypen, og hvis Hovedopgave antagelig maa være den at fastgøre Planten til Bunden; de gaar kun nedad. Fra Mellemstokken er det især, at Udløberne udgaar; de er langleddede, kan blive 0,8—1 m lange, i alt Fald hos Typha, og ender meget spidst med stærkt sammensluttede Lavblade. De kan straks grene sig, løber vel ofte vandret, men vokser ogsaa ofte mere eller mindre skraat nedad i Mudderbunden. (Herom ogsaa Raunkiær DBN S. 260 og Fig.). Flere Skudgenerationer af Udløbere kan udvikles i samme Sommer.

Jeg har fulgt Spiringen og Kimplantens Udvikling hos *Typha angustifolia* L. l. c. (S. 174, Fig. *A*, *D*, *E*); den første Udløber fra Mellemstokken søgte skraat nedad og blev jævnt tykkere nær Spidsen, navnlig paa den opadvoksende Skuddel, hvormed den første tykkere Mellemstok anlagdes. En Kimplante naaede 2. Aars Juli Maaned omtr. 1 m Højde med sine Blade.

Jfr. fremdeles Brundin: 59.

I. F. Urter med graminoïde Skud
med enstykke Jordudløbere.

Denne Type er kortelig karakteriseret foran (S. 304) og S. 180—81 i Oekologische Pflanzengeographie (1915). Det er naturligt at adskille den fra de andre monokotyle Skudformer paa Grund af Løvbladenes velbekendte Former og Bygning, navnlig de lange, tæt omfattende, paa de orthotrope Løvskud mere eller mindre oprette Bladskeder; dernæst af andre Ejendommeligheder den, at Stænglerne („Straaene") sædvanlig har flere-mange korte Led ved Grunden, saa at de nederste Løvblade derved kommer til at sidde mere eller mindre tæt (benævnes derfor ofte Rosetblade), og navnlig, at der hurtig udvikles Sideskud fra Grundbladakslerne, undertiden ogsaa i samme Aar Løvskud af 2. eller endog 3. eller 4. Orden, hvorved Knippet af Grundblade kan blive meget stort. Der er dog Arter, som kun har meget faa Grundblade. I Modsætning hertil findes, paa faa Undtagelser nær, som velbekendt ingen Sideskud paa den straktleddede vegetative Del af Skuddene. Ved denne stærke Grening fra de grundstillede Blades Aksler fremkommer der en i mange Tilfælde mangestænglet Mellemstok og tueformet Vækst. Da de enkelte Skud let danner Birødder ved Grunden, vil Tuen let kunne deles.

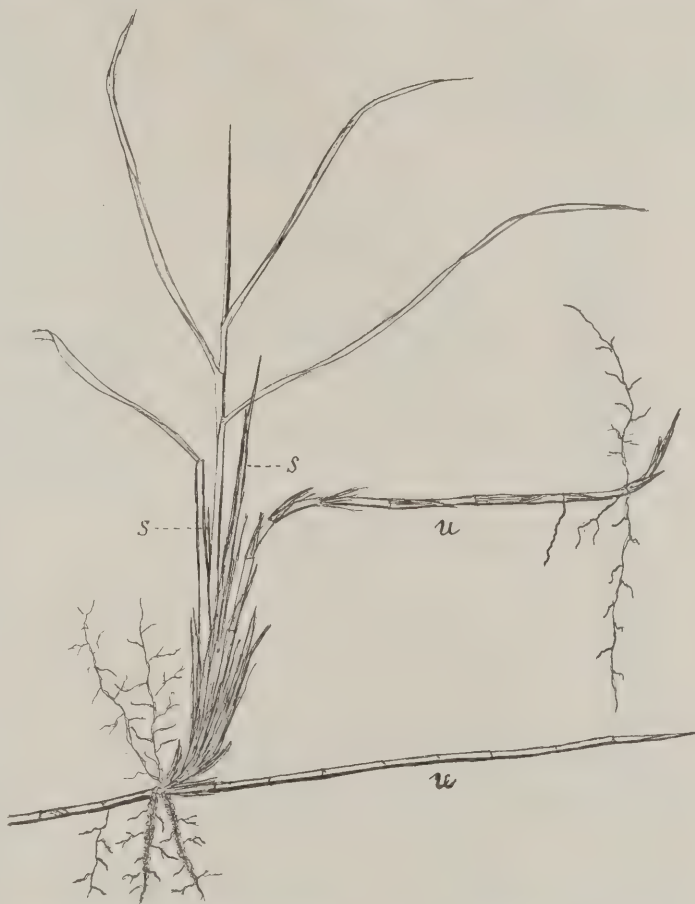


Fig. 30. *Calamagrostis epigeios.* Fra en Jordudløber udgaar et Rosetskud, ved Grunden omgivet af optrævlede Bladskeder; omtr. $\frac{1}{3}$. *s—s* er Sideskud i Rosetten.

Rørgræstypen (Arundotypen). Bemærkes maa dog, at nogle Græsser afviger fra det anførte derved, at der ingen særlig korte Led med Løvblade findes ved Stænglernes Grund, at der her ikke dannes nogen Roset af store Løvblade; de paagældende Arter bør derfor rettest henregnes til Langskudsplanter. Jeg vil kalde denne Type Rørgræstypen (Arundotypen), og til den henregner jeg af indenlandske

først og fremmest *Phragmites communis*; af fremmede maa hertil kunne henføres *Arundo donax*, *Arundinaria japonica*, *Miscanthus sinensis* og *Saccharum officinarum*.

Grænsen mellem denne Type og den sædvanlige Graminoïdtype er naturligvis ingenlunde skarp; der er Arter af de sidste, som i alt Fald under visse Forhold, f. Eks. naar de vokser i Sphagnum eller dækkes af Klitsand, faar saa faa tætstillede, Grundblade, at Rosetformen forsvinder.

„Bambusa-Typen“ med den stærke Grening af Lysskuddene og den stærke Forvedning af disse er en 3die Type.

Der er ogsaa Arter af de under denne Type sammenfattede Familier, som har Rodstokke (Rhizomer). Mange Arter af vore indenlandske Gramineer, Cyperaceer og Juncaceer har vandrette Jordstængler. Hos Cyperaceer og Juncaceer er disse oftest Rhizomer eller Rhizoder, hos Gramineerne oftest typiske Jordudløbere: langleddede, uregelmæssig grenede Lavbladskud med Rødder næsten alene ved Bladfæsterne og med en ret Spids, der er dannet af sammenrullede Lavblade og ofte er meget spids, endog kan være sylepidset og stikkende, velegnet til at gennembore Jorden. Billeder af dem findes i hosstaaende Fig. 30 og 31, og i flere danske Arbejder, f. Eks. WARMING 1884, 1896, 1897, samt „Dansk Plantevækst“ 1. og 2. Ligeledes hos RAUNKIÆR 1898 i DBN.

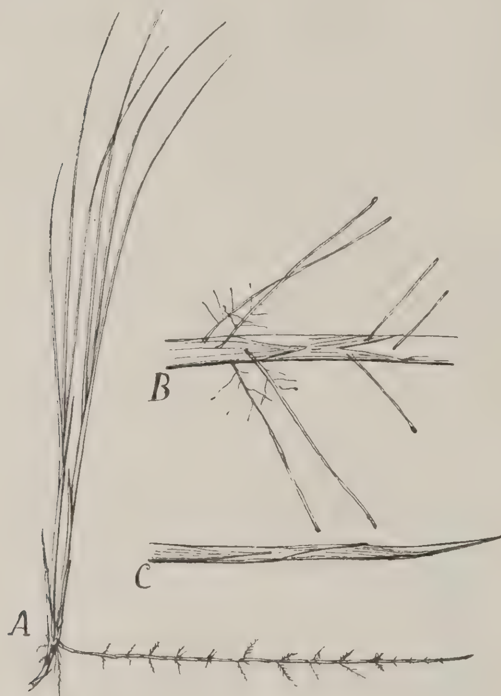


Fig. 31. *Carex filiformis*. 25. Oktbr. *A*, meget formindsket. Bladene naaer til 80 cm Højde; Udløberen er ca. 50 cm lang. *B*, Stykke af en Udløber med Rødder. *C*, Enden af en Udløber, form.

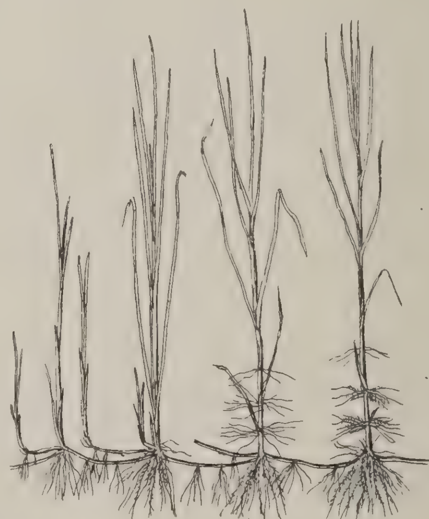


Fig. 32. *Glyceria spectabilis*; Oktober (stærkt formindsket).

Flere Udløbergenerationer kan udvikles i samme Aar, f. Eks. hos *Eriophorum polystachium*, *Glyceria spectabilis* (Fig. 32), *Phragmites* (WARMING 1884, Fig. 10).

Ved Spiringen udvikles de første Jordudløbere fra Akslerne af de nederste Blade paa Primskuddet, rimeligvis ogsaa fra Kimbladets, og kan søge endog meget skraat nedad i Jorden. Særlig vil jeg henvise til min Fig. 10 (1884) af *Phragmites communis*, som paa en overmaade interessant Maade viser, at de første Udløbere straks danner Sidegrene af mindst 5 Ordener, og at de ældre Skud tjener som Forstærkningsskud for de yngre, som derved bliver kraftigere, jo yngre de er, og tillige gaar stadig dybere ned i Jorden.

En lignende Udvikling foregaar hos Kimplanterne af *Scirpus Tabernæmontani*, hvad jeg har afbildet „Dansk Plantevækst“ 1: Fig. 115. Mindre stærk Nedadbøjning fandt jeg hos *Elymus arenarius* (DP. 2: 59, Fig. 32, 33).

II.
Udløbere med Ammeorganer.

Herunder kan skelnes mellem tre Typer, efter som Ammeorganet er en Stængelknold eller Rodknold eller et Løg (se S. 302). Om disse Dannelser er der en saa rig Litteratur, at kun enkelte Arbejder kan nævnes, deraf først og fremmest IRMISCH's, som for en stor Del findes i Botanische Zeitung. Saa henviser jeg ogsaa til SEIGNETTE 1889.

II. A. Kartoffeltypen.

De Former for Jordudløbere, som har været omtalt i det foregaaende, var de almindelige, over det hele lige tykke; en baade morfologisk og biologisk ret afvigende Type er den, som jeg vil benævne Kartoffeltypen, som velbekendt udmærket derved, at Endepartiet er opsvulmet til et knoldformet, paa Oplagsnæring rigt Legeme, og de andre, tyndere Dele af Udløberne tjener kun til at fjerne denne Knold fra Moderskuddet. Overgangsformer mellem dem og de almindelige, jævnt tykke forekommer, og undertiden er det saaledes, at der i samme Slægt findes Arter, som staar paa forskelligt Udviklingstrin. Jeg anfører følgende som Eksempler herpaa og nævner først nogle Langstauder.

Stachys. Ovenfor (S. 311) omtaltes *St. silvatica*; dens Udløbere hører til den sædvanlige Type. Noget afvigende er *Stachys paluster* L. (Fig. 33). Jeg har omtalt og afbildet dens Spiring 1884: 80, Fig. 20. Fra Kimbladakslerne og ofte tillige fra de nærmest følgende Løvbladaksler udvikles Udløbere, der er stærkt jordsøgende; efter IRMISCH kan de samme Knopper ogsaa udvikles til Lysudløbere, fra hvilke dernæst Jordudløberne udgaar. I nogle Tilfælde er Jordudløberne ens tykke; ved Nips Aa fandt jeg saadanne, der voksede i Vandet og var 1 m lange (efter Irm. kan de blive endnu længere); de var ens tykke over det hele, grenede og havde 4 Birødder udgaaende over Bladfæsterne. Det samme har jeg set paa andre Lokaliteter. Men i andre Til-

fælde ses Spidsen af Udløberne i Slutningen af Vegetationstiden at blive tykkere; Stænglerne fyldes med Stivelse, og de enkelte Led bliver cylindriske og 3—5 Gange saa tykke som de andre (Fig. 33; BRUNDIN Fig. 34). Efter Vegetationsperioden dør hele Moderplanten og de tynde Dele af Udløberne, saa at kun de fortykkede overvintrer. Lignende mod Spidsen jævnt fortykkede Jordudløbere kan findes hos andre Labiater, saasom *Mentha arvensis* og *aquatica,*[1]) *Lycopus europæus* og *Scutellaria galericulata* og *hastifolia,* efter SYLVÉN og BRUNDIN.

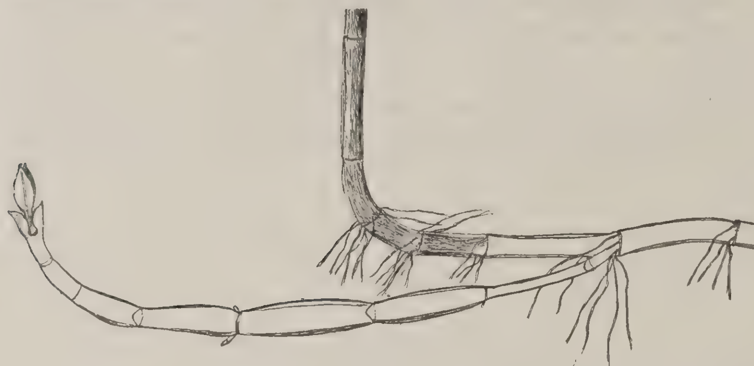


Fig. 33. *Stachys paluster* (½). 4. Marts.

Endnu videre gaar *Stachys Sieboldii* Miq. (*S. tuberifera* Naud., *S. affinis* Bunge), som har stærkt opsvulmede Udløber-Ender, der biologisk er Kartofler[2]) og i Husholdningen bruges som saadanne (Fig. 34).

Oxalis stricta L. Dens Spiring m. m. har jeg omtalt og afbildet 1884: 81, 82. Her skal kun fremhæves, at Jordudløberne fra Primskuddenes Grund (undertiden med et — nogle faa Løvblade paa deres nederste Del) trænger stærkt skraat ned i Jorden og fortykkes jævnt hen imod Spidsen. I April findes kun disse svagt rodbærende, noget fortykkede Dele i Live. Ved Spiringen bøjer Spidsen opad og danner Lysskud, og ligeledes udvikler sig oprette Grene fra deres Bladaksler. De gaar derefter hurtig tilgrunde (Fig. 35).

Circæa. Denne Slægt frembyder lignende Forhold som Stachys. Ovenfor (S. 308) omtaltes *C. lutetiana,* der i Almindelighed har jævnt tykke Jordudløbere, men Fig. 7 viser, at den yderste Del af dem jævnlig kan blive noget tykkere end det øvrige, leve længere og tjene som Ammeorgan. — *Circæa intermedia* Ehrh. Dens Udløbere svulmer noget stærkere end C. lutetiana's (se min Fig. 8 *D* i Bot. T. 1877, 10: 88), men endnu



Fig. 34. *Stachys Sieboldii.* (ca. ⅝).

[1]) Om Vandudløbere se FRANÇOIS 1907: 51.

[2]) PLANTA's kemiske Analyse se ENGLER & PRANTL IV, 3. A.: 267. Se ogsaa SEIGNETTE 1889: 420 med 11 Figurer.

stærkere og ganske brat sker dette hos *C. alpina* L., hvis traadfine Udløbere i Spidsen i en 3—4 Led brat svulmer til en lille firkantet Knold (WARMING 1884: 82, Fig. 22). Udløberne udgaar fra Kimbladenes og nærmeste Løvblades Aksler og vokser stærkt jordsøgende ned i Jorden, idet de grener sig. Knoldene er det eneste, der overvintrer levende. Arten er pseudoannuel. Om Circæa-Arterne se ASCHERSON og MAGNUS (B. Z. 1870).

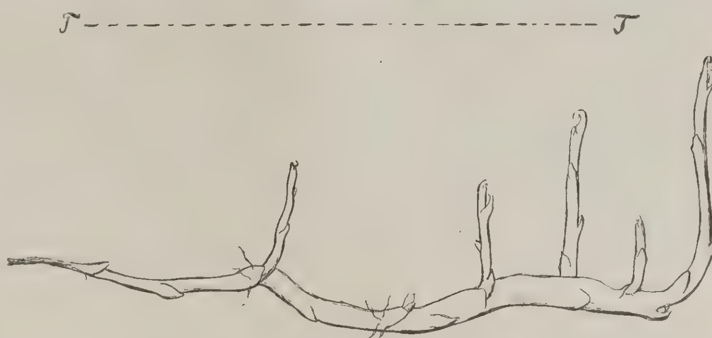


Fig. 35. *Oxalis stricta.* (1/1). Jordudløber med oprette Sideskud. *T—T*, Jordoverfladen. 30. Marts.

Ogsaa *Epilobium hirsutum*'s Udløbere bliver undertiden jævnt tykkere hen mod Spidsen.

Trientalis europæa L. (Fig. 36). En Knolddannelse af lignende Form som hos Circæa alpina findes hos denne Art. I Maj—Juni udgaar der fra Lysskuddets nederste, skælformede Blades Aksler tynde, i Reglen ganske rodløse, 20—30 cm lange, sjælden meget længere (indtil 2 m), Jordudløbere, som ender med en lille knoldformet, flerleddet, rodbærende Opsvulmning. Spidsen er krogformet bøjet. Knolden er det eneste, der overlever Vinteren og ved sin Rigdom paa Stivelse tjener til Foryngelse næste Vaar. Fra Akslerne af de hypogæiske, i Frøskallen indesluttede Kimblade udgaar de første Udløbere. Kimplanten naaer næppe at blomstre. Nærmere hos WARMING 1877: 63—69, Figur 2.



Fig. 36. *Trientalis europæa* fra Højfjældet ved Finse (Norge), Juli. Ved punkterede Linier er de to Blomster forbundne med deres Støtteblade. Lidt over 1/1. Der er Skælblade paa Løvstængelens nederste Del; Knopper i alle Bladaksler.

Solanum tuberosum L. (Fig. 37). Endnu et Skridt videre gør denne, idet Knolden i endnu højere Grad er et uselvstændigt Ammeorgan; der dannes her nemlig ikke engang Rødder paa Knolden, saaledes som hos Trientalis.

Skønt dens Naturhistorie er studeret af forskellige lige siden KNIGHT 1811, TURPINS fortrinlige Arbejde 1830, til WYDLER, VÖCHTING, GOEBEL o. a., og Afbildninger gives i almindelige Lærebøger, f. Eks. af Kimplanter efter SCHLEIDEN, er der dog forskellige Enkeltheder, som ikke er tilstrækkelig oplyste ved Billeder;

derfor og for Sammenhængens Skyld meddeles her et Par Figurer (Fig. 37). De viser, at af Kimbladenes og efterfølgende Løv- eller Lavblades Aksler udgaar der nedadsøgende Jordudløbere, med ret eller krogbøjet Spids (hvilket Du Petit Thouars omtaler allerede 1828: „l'extrémité se recourbe"); de er roddannende, og tilsidst ender de med en af flere Led dannet Knold. De grener sig allerede fra deres „Knopkimblade" (Fig. *E*). Ogsaa Tillægsknopper kommer til Udvikling under Hovedknoppen, hvad Turpins Billeder viser, at ogsaa han har set. Det Tilfælde ogsaa kan findes, at Kimbladakselknopperne danner Knold uden udløbende Stængeldel (Fig. 37 *B*). Vöchting o. a. har ved deres Forsøg vist, hvor mærkelig plastisk Arten overhovedet er.

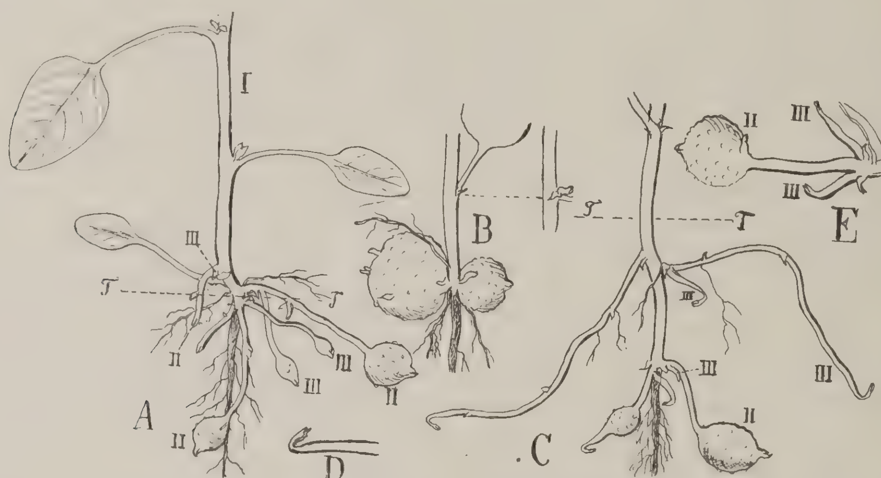


Fig. 37. *Solanum tuberosum*. Dele af Kimplanter; tegn. 29. Maj. Omtr. $\frac{1}{2}$. *A*, Kimbladene visnede; fra det enes Aksel udgaar en jordsøgende Udløber, II, der ved sin Grund har to Grene, af hvilke den tilhøjre allerede er knolddannende; tilvenstre søger et Tillægsskud, II, ned i Jorden. Over Jorden (*T—T*) udgaar tilhøjre en Gren med korte Sideskud. Fra Akselen af Løvbladet tilvenstre udgaar en nedadsøgende Jordudløber. I de følgende Løvbladaksler er der Løvskud. *B*, mod Sædvane er der i hvert Kimblads Aksel dannet en Knold uden udløbende Stængel; i det 1ste Løvblads Aksel er et lille Løvskud. *C*, fra den under Jordfladen *T—T* liggende Stængeldel udgaar Jordudløbere (II), grenede (III) og tildels allerede knoldbærende (den lange skal mærkes II). *D*, nuterende Ende af Jordudløber. *E*, et Skud, II, fra en Kimbladaksel, set ovenfra, med to Sideskud, III.

Arten er pseudoannuel, idet alle en Plantes Dele gaar tilgrunde ved Efteraarets Komme undtagen de nye Knolde og Frøene. Mine Kimplanter dannede efter Udprikling en Mængde store Knolde i Spiringsaaret. Om Arten, som Al. Braun angiver, skal have en Forstærkningstid og ikke kan blomstre i Spiringsaaret, ved jeg ikke.

Solanum utile Klotzsch. Se Areschoug 1857: 41.

Helianthus tuberosus L. hører ogsaa til de Arter, som allerede Turpin har omtalt og afbildet 1830, og som senere er omtalt af andre. Dens Udløbere bliver

aldrig saa lange og tynde som Kartoffelens. Knoldene dør i Sommerens Løb, efter at deres Næring er anvendt til bedste for de nye Lysskud. Jfr. Areschoug 1857: 42. Knolddannende er endvidere *H. doronicoides, H. giganteus* L. o. fl. Om *H. scaberrimus* se Rimbach Bot. Gaz. 30: 186.

Ogsaa i Slægten ***Senecio*** findes knolddannende Udløbere, f. Eks., efter Eksemplarer i vor Botan. Have, *S. tanguticus* Maxim., hvis Knold bærer kraftige Rødder, og her kan ogsaa *Senecio fluviatilis* Wallr. og *S. Fuchsii* Gmel. nævnes, skønt de maaske snarest bør henføres til Halvrosetplanterne.

Efter Raunkiærs Fig. 28 *B* (1905) synes *Ixia conica* at slutte sig til denne Gruppe. — Ligesaa efter Seignette *Oxalis crenata*.

Af Klatreplanter synes der ikke at være mange med kartoffeldannende Udløbere, maaske fordi Klatreplanter overhovedet ikke er talrige. Bedst kendt er *Ullucus tuberosus*, som er undersøgt af Areschoug (1857: 41), Raunkiær (1905: 412, Fig. 30), Seignette. Udløberne synes meget lig Kartoffelens.

Dioscorea discolor, som omtales af Areschoug (1857: 40), hører muligvis herhen.

Vedplanter med knoldformede Ammeorganer findes næppe, hvilket er naturligt, da de har deres Oplagsnæring i de forveddede Akser.

Rosetstauder. Til Rosetstauderne af Monokotyltypen hører

Sagittaria sagittifolia L. Dens Naturhistorie er velbekendt, undersøgt, som den er, af Nolte (1825), Münter (1845), Irmisch, Areschoug (1857), Klinge 1880 (Anatomien), Raunkiær (DBN.: 15) o. fl. Ogsaa jeg selv har gentagne Gange undersøgt den. De fra de nedre Rosetblades Aksler udviklede, undertiden indtil næsten 1 m lange, langleddede Udløbere svulmer i Spidsen op til kort ellipsoidiske, stivelserige, rodløse Knolde, der oftest er 2-leddede, og som overvintrer, medens Resten af Udløberne og Moderplanten dør; Planten er pseudoannuel. Udløberne og de fra dem undertiden udgaaende Grene, der ogsaa er knolddannende Udløbere, søger svagt skraat nedad i Dyndet, men det af Knolden ved dens Spiring dannede Skud søger opad og danner en ny Løvbladroset. At Udløberne ogsaa kan findes vandret udgaaende, viser Raunkiærs Fig. 6 *A*.

Potamogeton. Areschoug (1857) fremhæver Ligheden mellem *Potamogeton pectinatus*, der er en Langstaude med 2-leddede Rhizoder, og Sagittaria (jfr. Raunkiær DBN.).

Halvrosetstauder. Af saadanne kan ***Maranta arundinacea*** L. anføres. Lysskuddet er ved sin Grund kortleddet og bærer her foruden nogle Lavblade et lille Antal omskedende Løvblade, bliver derefter straktleddet med Løvgrene i Bladakslerne. Fra Bladakslerne paa den kortleddede Del udgaar Udløbere, som søger næsten lodret nedad i Jorden og efter et kortere eller længere, ofte mange cm langt Løb vender sig mere vandret eller krummer sig opad og svulmer op til en tendannet

Knold (den i Fig. 38 *B* afbildede har ikke naaet den Tykkelse, som den kan faa). RAUNKIÆR har afbildet de underjordiske Dele (1905: 406). Kimplanten danner straks saadanne stærkt jordsøgende Udløbere (Fig. 38). Paa Udløbernes tynde Dele kan der findes nogle faa Rødder; ligesaa paa den tenformede Del, men fra Lysskudgrunden udgaar en stor Mængde tynde Rødder, mærkelig nok af Vandrodstypen, d. e. med en Mængde tynde, korte, ugrenede Siderødder udgaaende fra den betydelig tykkere Rods Akse (Fig. 38).



Fig. 38. *Maranta arundinacea*. *A*, Kimplante, lidt form.; omtr. 2 Maaneder gammel. To meget stærkt jordsøgende Udløbere (*s*) bryder gennem Bladgrundene; ved punkterede Linier henvises til de Løvblade, fra hvis Aksler de kommer. *B*, en Jordudløber, der er svulmet tenformet; omtr. ½.

Graminoïd-Skudtypen. Her kan nævnes ***Cyperus esculentus*** (Fig. 39). Spiringen kender jeg ikke, men paa de ældre Planter udgaar der fra Løvskudgrunden et ofte ret stort Antal af Udløbere, der er stærkt jordsøgende og i Begyndelsen har en ret og spids Ende (*s—s*, Fig. *A*). (Paa Fig. *A* er de mange Rødder paa een nær for Tydeligheds Skyld fjærnede). Paa unge Skud kan Udløberne allerede i August være over 20 cm lange. De vokser snart vandret, og efter et kortere eller længere Løb svulmer de i Spidsen til en mangeleddet Knold, der ligesom den tynde Del faar tynde, svagt grenede Rødder (Fig. *D*). Paa Fig. 39 *A* er Knolden indskrumpet, men endnu fast, skønt den aabenbart har maattet afgive megen Næring til Skuddet. Den lever altsaa aabenbart over eet Aar, men dog ikke nær saa længe som Knolden hos *Scirpus maritimus*; den tynde Del paa Fig. *A* er ogsaa indskrumpet og brunlig, men rimeligvis endnu ikke død. Yderligere: SEIGNETTE 1889: 478, Fig. 70—81.

Ved de fleste af de nu nævnte knolddannende Udløbere er der et ejendommeligt Korrelationsforhold mellem Knolddannelsen og den tynde Udløberdels samt hele Moderskuddets Varighed.

Jo mere udpræget Knolddannelsen er, desto kortere Liv har i Regelen de nævnte Dele, og desto hyppigere er det, at Udløberne ikke danner Rødder. Til de videst gaaende hører Kartoffelen: Knolden er det mest udprægede Ammeorgan, der ikke selv danner Rødder. Paa samme Trin staar *Sagittaria*, men Knoldene hos *Trientalis* og *Circæa* danner selv Rødder. En længere Livsvarighed har, som vi har set, Knolden hos *Cyperus esculentus*, der ogsaa selv danner Rødder; paa et lignende Standpunkt staar Knoldene af *Senecio tanguticus*, og herfra føres vi til at mindes først og fremmest ***Scirpus maritimus*** L., hvis Spiring og første Knolddannelse jeg har omtalt og afbildet 1884 (73, Fig. 17). Her skal blot fremdrages, at Udløberne fra Kimplanten søger skraat ned i Jorden, er svagt roddannende og tilsidst krummer sig opad og i Spidsen danner en flerleddet, stærkt rodbærende Knold (Mellemstok) med Lavblade, og hvis Endeknop frembringer en Løvbladroset. Knoldene kan leve mange Aar, medens de tynde Udløberdele, selv om de vedbliver at være sejge og sammenbinde mange Knolde, dog dør ret snart, endog i Udviklingsaaret; saaledes fandt jeg i alt Fald i December, at selv de Udløberdele, der laa mellem de yngste, i samme Aar dannede Knolde, var døde. Nærmere hos RAUNKIÆR (DBN, 1898: 445—49), som omtaler, hvorledes disse perennerende knoldformede Mellemstokke kan komme til at bære Grupper af straks oprette Knolde og derfor faar tueformet samlede, oprette Skud, der kan danne Blomsterstande, medens de Knolde, som dannes umiddelbart paa Enden af en Udløber, vistnok sjælden, om overhovedet nogensinde, naar til Blomstring. Knoldene har da her en væsentlig anden biologisk Betydning end f. Eks. Kartoffelens; de er den perennerende, stivelsefyldte Centraldel for Assimilationsskuddene (knoldformede Mellemstokke).

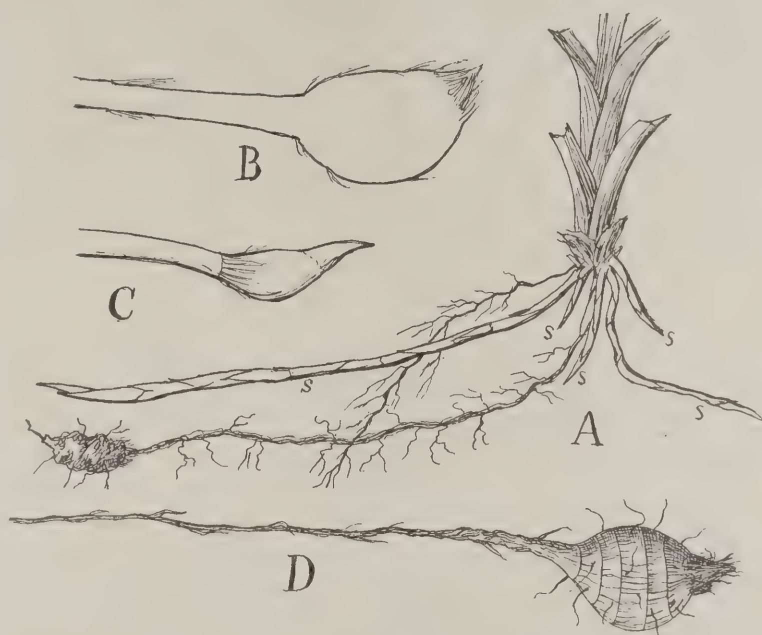


Fig. 39. *Cyperus esculentus*. *A*, 8. August. Fra den gamle Knold udgaar en (undtagen nærmest Skuddet) stærkt indskrumpet Udløber, der efter Opadkrumning har dannet et Lysskud (Roset), fra hvilket der udgaar 5 tildels stærkt jordsøgende Udløbere (*s*). De mange Rødder, som udgaar fra Skuddets Grund, er for Tydelighedens Skyld udeladte paa en eneste nær; næsten $\frac{1}{2}$. *B*, Længdesnit gennem en Knold med 3 Led (ca. $\frac{3}{1}$). *C*, en ganske ung Knold, som endnu kun har 1 Led. *D*, lidt forst. 1. April. Del af Udløber med dens Knold.

En ganske ejendommelig Langskud-Type, der morfologisk fører over til den følgende, er:

Lathyrus montanus Bernh. (*Orobus tuberosus* L.; *Lathyrus macrorrhizus* Wimm.). Den har Knolde af samme biologiske Værdi som *Scirpus maritimus*. Irmisch omtaler den 1859: 61, og jeg selv har omtalt og afbildet Spiringen og den første Knolddannelse 1884 (S. 63, Fig. 11). Den hypokotyle Stængel og de nærmest ovenfor Kimbladene værende Dele af den epikotyle svulmer op og danner den første Knold, der bærer Rødder. Udløberne, der udgaar ogsaa fra Kimbladakslerne, ligner de S. 320 ff. omtalte hos andre Lathyrus- og Vicia-Arter. Lignende Knolde som den nævnte danner sig senere paa Udløberne, men kun hvor de grener sig; de bliver meget haarde, uregelmæssige og kan undertiden blive saa store som Valnødder, lever mange Aar, er rigt rodbærende og er Midtpunkter for en rig Skuddannelse med (som hos andre Papilionaceer) zigzakstillede Tillægsskud og maaske ogsaa Biskud; mange Skud, gamle og unge, kan findes udgaaende fra dem, nogle er Jordudløbere, andre Lysskud, hvis nedre Dele danner en grenet Mellemstok.

II. B. Jordudløbere med Amme-Rødder.

En anden Maade, paa hvilken en Udløber kan forsyne sine Knopper med Oplagsnæring end den sidst (i II. A.) omtalte ved Stængelknolde, er det, at der dannes Ammerødder, det er næringsrige, knoldformede eller mere eller mindre gulerodformede Rødder i mere eller mindre nøje Forbindelse med Akselknopperne. I vor Natur findes ikke mange Eksempler herpaa, dog kan nævnes den formentlig forvildede

Langstaude ***Lathyrus tuberosus*** L., hvis Biologi saa udmærket er oplyst af Irmisch (B. Ztg., 1859 b: 57). Kimbladene er hypogæiske. Primroden og Hypokotylen svulmer til et roeformet Legeme, og fra Kimbladakslerne udgaar vandrette Udløbere, som kan blive indtil ca. 2/3 m lange. Ogsaa 1—2 Biknopper kan fremkomme i nedstigende Følge, og fra de nederste Lav- og Løvblade paa Primstængelen kan Udløbere og Løvskud ligeledes udgaa. Af Birødderne paa Udløberne er der hist og her en og anden, som paa lignende Maade svulmer til roeformet Knold i Tilslutning til en Akselknop. Disse Knolde kan aabenbart leve flere Aar; fra deres Spids udgaar Lysskud, og fra disses blivende Grunddele, der efter min Iagttagelse tildels fortykkes og inddrages i Knolddannelsen, fremgaar nye Udløbere og Lysskud. Fra Spidsen af en Knold kan der udgaa mange Udløbere omkring Grunden af Lysskud (en Mellemstok); at udrede deres genetiske Forbindelse vil ofte være umuligt. I December har jeg fundet de brunsorte Knolde rynkede, idet en Del Næring aabenbart er gaaet bort; de hænger sammen ved sejge, brunlige Udløberdele af 2—3 mm Tykkelse, og paa deres øvre Ende saas da korte, blege Lavbladskud med krogbøjet Spids. Der fandtes ogsaa friske Jordudløbere af ca. 40 cm Længde og med krogbøjet Spids, endnu rodløse. (Se ogsaa Sylvén: 41; Seignette: 531).

Langstaude er fremdeles *Glaux maritima* L. (Se S. 346).

Halvroset-Stauder er følgende:

Campanula rapunculoides L. slutter sig nær til Lathyrus tuberosus. Allerede i Kimplantens 1ste Aar faar den en stor Løvbladroset og en tyk, hvid, kødfuld Pælerod (incl. Hypokotylen) samt korte Jordudløbere. Kimplanten skal kunne blomstre i Spiringsaaret (SYLVÉN). Hos ældre Planter findes ved Vintertid i Jorden et Virvar af lange, hvide, grenede Udløbere med Knopper og med gulerodformede Ammerødder, der bliver et Slags Centrum for Individets yderligere Udbredning. Der kan paa Enden af en saadan Knoldrod staa 10—12 og flere tynde Lavbladskud foruden smaa Knopper, og Rester af Lysskud; den genetiske Forbindelse af alle disse Skud er det ofte umuligt at udrede. Ofte findes tillige Tillægsknopper i Lavbladakslerne, og Akselskuddene grener sig hurtig ved deres Grund. Nogle staar nede paa den brede Topflade af Roden, aabenbart fordi Stængeldelene, der bærer dem, har udviklet sig i Bredden og er smeltet sammen med Roden. Ammerødderne kan blive indtil 2 cm tykke. I hver Bladaksel paa Udløberne kan der findes en Knop, og i Tilslutning til Bladfæsterne findes tynde Rødder, ofte en paa hver Side af Lavbladet; desuden findes Rødder paa Leddene selv, og ogsaa disse kan blive Ammerødder. Udløberne ender med ret Spids, men det øverste Blad lægger ofte sin lille Plade hen over den.



Fig. 40. *Ranunculus monspeliacus.* (8. Juni). *A*, fra Grunden af det blomstrende Skud I udgaar to Jordudløbere; den tilvenstre er ældst; den har flere Knoldrødder og to Løvblade, hvis Plader er afbildede ved Siden af; den yngre Udløber har 3 Rødder, som vist alle tre bliver Knoldrødder. *B*, en ung Udløber med 3 strakte Led og 3 Rødder anlagte.

Nær til de sidst nævnte slutter sig aabenbart Slyngplanten *Exogonium* (*Ipomœa*) *Purga* Benth. Efter PETER's Figur S. 5 i Nat. Pflfam. (IV, 3 a), svulmer Primroden og en hypokotyl Aksedel roeformet op, og Fig. 15 viser et Virvar af Jordudløbere med mange stærkt opsvulmede, roeformede Knolde. Ligeledes *Ipomœa Batatas* Lam.

En noget afvigende Type er en Del ***Ranunculus*-Arter**, der paa en Maade er Ficariatypen forbunden med Udløbere, nemlig *R. monspeliacus* L. (Fig. 40), *R. illyricus* L. og efter BONNIER flere andre. De er undersøgte navnlig af IRMISCH (B. Ztg.: 1857) og JOH. ERIKSON (1898). Jeg har undersøgt Eksemplarer i vor Bot. Have (ogsaa Kimplanter) af de to nævnte. De er Halvrosetplanter med to Slags Rødder, nemlig traadformede Sugerødder og knoldformede Ammerødder. I 1ste Aar danner Kimplanten efter de epigæiske, ægdannede Kimblade en Løvbladroset med Sugerødder. I 2det Aar tilkommer der nye Løvblade, og nu udvikles ogsaa Ammerødderne,

som dog ikke staar i umiddelbar Forbindelse med Knopper og derfor heller ikke kan isoleres som Formeringsorganer. Primroden og den hypokotyle Akse dør i 2det Aar; efter Sommersøvnen saa IRMISCH nye Løvblade fremtræde allerede om Efteraaret, men ERIKSON betvivler, at dette vil findes ogsaa i nordlige Klimater. Løvskuddets Stængel forholder sig biologisk som hos *Ranunculus bulbosus*, den bliver kun 1 Aar gammel, men en ny Akse dannes oven paa den. Fra Akslerne af Løv- og Lavblade paa Lysskuddets Grund udvikles ogsaa tynde, langleddede Jordudløbere, der i Spidsen danner nye Rosetter med Akselknolde (Fig. 40 *A*, *B*), og som snart dør, saa at det nye Skud isoleres. Ogsaa Knoldrødderne er som Stængeldelene enaarige; allerede i Marts har jeg fundet mange indskrumpede og tømte for Næring. De kan udgaa i stor Mængde (en Snes Stykker) fra Grunden af samme Lysskud.

Med Hensyn til Knolddannelse er ***Oenanthe fistulosa*** L. ret lig de nævnte Ranunkler, kun at der ikke er mere end een til nogle faa Knolde ved hver Roset, men de langleddede, ved Bladfæsterne rodslaaende Udløbere afviger deri, at de kan findes oven paa Dyndbunden, hvori Planten vokser, og Leddene kan i saa Fald være opad buekrummede som hos *Ranunculus reptans*, eller endog flydende i Vandet, og naar de i disse Tilfælde er udsatte for Lyset, bliver de grønlige. De kan blive 0,5 m lange og dør hurtig (Arten er dog næppe pseudoannuel). Deres Endeknop og ligeledes Sideknopper udvikler tilsidst en Løvblad-Roset. I mange Tilfælde udvikles der Udløbere fra Aksler af de straktleddede Lysskud; disse kan være krummede nedad i Bue. (Figurer se WARMING 1897: 185, Fig. 10).

Yderligere BRUNDIN: 103.

***Glaux*-Typen.** De morfologiske og biologiske Ejendommeligheder hos *Glaux maritima* er forlængst studerede og afbildede af BUCHENAU, senere af forskellige andre. Den kan paa vore Sandstrande og Strandenge brede sig over store Flader; dette skyldes væsentlig dens Udløbere, men ogsaa dens af Vandet transporterede Frø. I Blomstringstiden (Juni, Juli) findes endnu rodløse, lange og tynde Jordudløbere udgaaende fra Grunden af Langskuddene. Ved Bladfæsterne findes senere nogle lidet grenede Rødder. Spidserne vokser op over Jorden og danner Lysskud. Frugtbærende Eksemplarer (Aug. Sept.) har meget længere og grenede, rodbærende Udløbere (1—5 Rødder ved hvert Fæste). Omtrent til samme Tid ses hist og her i deres Lavbladaksler Knopper, som udvikler sig og bliver til ret tykke og korte Skud med tykkere, taglagte Lavblade, og fra deres Grund udgaar 1—4 Rødder, som bliver meget tykkere end de andre, — er der kun een, synes den at blive meget tykkere, end naar der er to eller flere; ved Udløbernes Død bliver disse Knopper frigjorte med samt deres Ammerødder, der kan præsentere sig næsten som 3-Tommers Søm, der er rammet ned i Jorden — altid staar det hele Hibernaculum lodret, bemærker BUCHENAU. (Fig. 36 hos WARMING 1906). Paa en Kimplante fra 1906 fandt jeg i April 1907, at Endeknoppen var vokset op over Jorden, og at Udløberdannelsen var i fuld Gang fra Skuddets allernederste Lavbladaksler. Foryngelsesskuddene er altsaa Skud af 3. Orden og udgaar fra Udløbere, som er Skud af 2. Orden. Sjælden er Foryngelsesknoppen af 2. Orden; dette er dog Tilfældet,

efter BUCHENAU, med Kimplanten, i hvis ene Kimbladaksel den sidder. Kimplanten synes altsaa ikke at danne Udløbere i 1ste Aar. Udløberne synes ikke at have nogen udpræget jordsøgende Tilbøjelighed. Lysskuddene med Udløberne dør fuldstændig bort ved Vegetationstidens Slutning; Planten er altsaa pseudoannuel.

Yderligere: BUCHENAU Verhandl. Brandenb. 6: 198. WARMING 1877, Bot. T. 10: 71; 1884: 84; 1906, Strandvegetation, Dansk Plantevækst I: 72, Fig. 36. SYLVÉN: 47.

II. C. Jordudløbere med Løg.

Heller ikke denne Gruppe synes meget talrig. Her kan først mindes om en egentlig Løgplante med Udløbere, som ender ned nye Løg, nemlig *Tulipa silvestris* L., omtalt af IRMISCH, P. E. MÜLLER (1894, Fig, 10), RAUNKIÆR (DBN.: 164) o. a. Udløberne er jordsøgende i Begyndelsen.

En anden Art er ***Triglochin palustris*** L. (Fig. 41), der er en Helrosetplante. Ogsaa denne findes fyldig omtalt i Litteraturen (IRMISCH B. Ztg. 1855: 62; BUCHENAU; BRUNDIN 1898: 109, Fig. 41; RAUNKIÆR (DBN.: 25) o. a. Fra nogle af de nederste Bladaksler udvikles lange, hvide, svagt rodbærende Udløbere, som tilsidst bøjer Spidsen opad og ender med et lille Løg, der indenfor et Par tynde Skedeblade (eller sjældnere Løvblade) har 1, undertiden 2, tykke stivelsefyldte Ammeblade, der omslutter næste Aars Løvskud. Om Efteraaret dør alt andet end Løgene. Ligheden med Sagittaria er stor. Spiringen synes kun for enkelte Punkters Vedkommende at være omtalt af IRMISCH og RAUNKIÆR. Frøene, som jeg saaede i Sept., spirede straks, og Primskuddet blev et lille Roset-Løvbladskud med toradede Blade (Fig. 41). Der udgaar straks stærkt jordsøgende Udløbere fra de nederste Bladaksler, vist ogsaa fra Kimbladets, hvad jeg har forsømt at

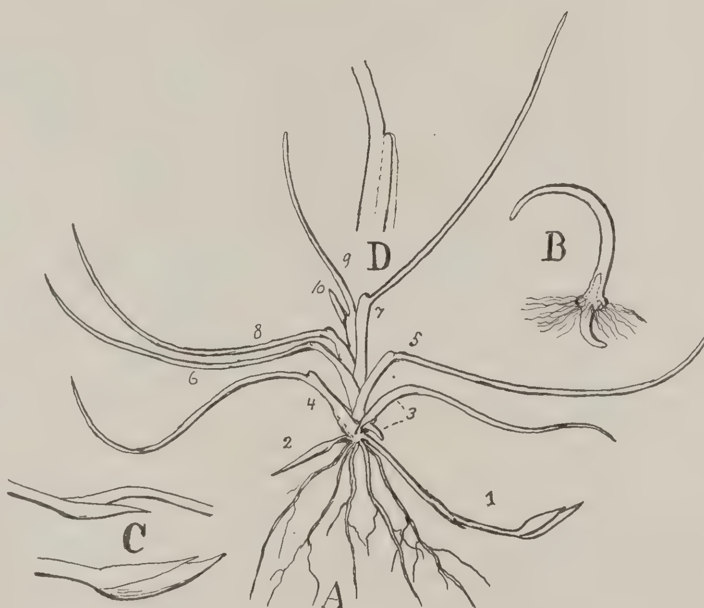


Fig. 41. *Triglochin palustris.* *A*, Kimplante, der har anlagt 3 jordsøgende Udløbere (1, 2, 3) fra Akslerne af de 3 første Blade, 1 er fra Kimbladakselen (?). *B*, en ganske ung Kimplante; fra Grunden af Stængelen udgaar en stor Mængde Haar til foreløbig Fasthæftning. *C*, Dele af Udløber 1 i *A*; forst, *D*, Bladgrund.

undersøge. De kan grene sig og være roddannende ved Bladfæsterne der, hvor de grener sig; Enderne er rette og spidse.

Til denne Art synes *Scirpus pauciflorus* Lightf. at kunne sluttes. Brundin: 91, Fig. 31; Raunkiær 1898: DBN. 436.

En væsentlig forskellig Type af Løg, der maaske kan kaldes den „dikotyledone", i Modsætning til de nævnte „monokotyledone", findes hos Epilobium palustre og nogle Gesneraceer.

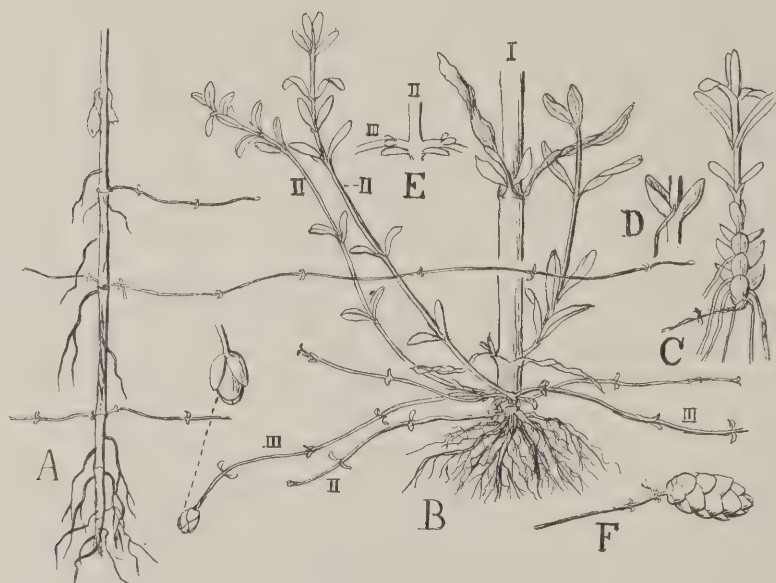


Fig. 42. *Epilobium palustre*; alle Fig. formindskede. *A*, de nederste Dele af et Eksemplar, som vokser dybt i Sphagnum; Udløberne gaar vandret. *B*, blomstrende Kimplante, 4 Maaneder gammel. Fra Akslerne af Kimbladene og de nederste Løvblade udgaar dels tynde opadstræbende Lysskud, dels Udløbere over Jorden; en af dem vender sig nedad og danner i Spidsen et lille Løg; den udgaar fra et af Lysskuddene. *C*, et spirende Løg; 12. Maj (Lyngby Mose). Ammebladene er grønne, hvælvede og lidt kølede paa Ryggen. *D*, Rødderne bryder frem mellem Bladene. *E*, Basis af en Udløber af 2. Orden, fra hvis nederste Bladaksler nye Udløbere (III) udgaar. *F*, Enden af en Udløber med et modent Vinterløg.

Epilobium palustre L. (Fig. 42) er en Langsskuds-Staude med lange, næsten traadfine Udløbere. Hvor Planten vokser i Sphagnum-Moser, bliver Stænglerne let nødte til at strække sig stærkt, for at følge med Mossets Vækst, og i denne bløde og vaade Mosmasse kan man da se lange, traadtynde Udløbere vokse vandret ud (Fig. *A*). De kan være grenede, og efter Schmalhausen skal en Tillægsknop kunne dannes under dem og ligeledes udvikles til Udløber. Fig. 42 *B* viser en blomstrende Kimplante ved Efteraarstide. Jorden, som den vokser i, er ret fast, og deri ser jeg Aarsagen til, at de mange tynde Udløbere for største Delen ligger løst ovenpaa Jordoverfladen. Billedet viser, at Grenene i de højere stillede Løvblades Aksler bliver til orthotrope Løvskud, og det samme er tildels Tilfældet med de lavere staaende, men fra Akslerne af disses „Knopkimblade" kommer der Skud af 3. Orden til Udvikling, af hvilke eet ses at vende sig mod Jorden og i Spidsen danne et lille Løg med taglagte tykke Skælblade. Endnu er kun 2—3 Par af saadanne anlagte, men paa ældre Løg kan der være 10—12 og maaske flere Par (Fig. *C*, *F*), tæt stillede paa en tynd Akse.

I April Maaned har jeg fundet Løgene i fuld Udvikling; et ugrenet Løvskud, med 6 Løvbladpar og derover, var tidlig i Maj udviklet; talrige Rødder var komne til Udvikling og sørgede tilligemed de kødfulde Løgskæl for Skuddets Ernæring (Fig. *C*). Moderplanten var fuldstændig død; til venstre ses Resten af Udløberen. Arten er pseudoannuel. Den har den største biologiske Lighed med den ogsaa pseudoannuelle *Epilobium montanum*; dens væsentligste Forskel er dens lange Udløbere, der fører Løget bort fra Moderplanten. Derimod er den mere forskellig f. Eks. fra *Epilobium hirsutum*, hvis tykke Udløbere længe forbliver i levende Forbindelse med Moderplanten og danner mange Rødder (Fig- 8, S. 310).

Løgene omtales og afbildes af ARESCHOUG 1857: 23. Se fremdeles IRMISCH B. Ztg. 1847: 5. AL. BRAUN Individ.: 47. SYLVÉN: 152.

Sluttelig kan her mindes om de **Gesneraceer**, der har ejendommelige, lange, cylindriske, raklelignende Løg med talrige taglagte Lavblade paa en tynd Akse. De er omtalte og afbildede mange Steder, ogsaa i Haandbøgerne, f. Eks. af ARESCHOUG 1857, af GOEBEL, der kalder den „Zwiebelknöllchen“, i ENGLER & PRANTL Nat. Pfl-. familien IV, 3. B.: 135. Ogsaa RAUNKIÆR har 1905 givet nogle Afbildninger af dem tildels gentagne i 1907). Disse Planter har i deres Udløbere store Ligheder med *Epilobium palustre*.

Samme Sted omtaler og afbilder RAUNKIÆR en mærkelig Klatreplante, en *Cucurbitacee*, af Slægten *Actinostemma*, med kugleformede Løg paa lange, tynde Udløbere, der udgaar fra Lysskuddene og trænger stærkt jordsøgende ned.

Sammenfattende Tilbageblik.

1. Jordudløbere i den Forstand, som angaves S. 298, forekommer knyttede til de forskelligste Lysskud (Langskud, Klatreskud, Roset- og Halvrosetskud, Græstypen og Dværgbuske samt enkelte mellemstore Buske og Højbuske, men synes at mangle hos Træer og de fleste andre Vedplanter). Talrigst i vor Flora er Langstauderne, dernæst Halvrosetplanterne, Helroset- og Klatreplanter. De andre er færre, saavel som Udløbere med Ammeorganer.

2. Jordudløberne afviger ligesom andre Jordstængler i ydre og indre Bygning fra Lysskud, er trinde, selv om Lysskuddene af samme Art er f. Eks. kantede; Lavbladdannelsen betinges af Lysforholdene (Goebel o. a.).

Her kan henvises til Costantin (1883, Ann. d. sc. nat. Sér. VI, 16): Rothert; Fr. Haupt, Bot. Cbl. 1885: 234. Ortmann (1886: 24—32). Goebel.

Disse Afvigelser maa naturligvis sættes i Forbindelse med, at de vokser under og derfor maa være tilpassede til helt andre Kaar end Lysskuddene (Forskel i Lys, Varme, Fugtighed, Fordampning, mekanisk Paavirkning m. m.).

3. Hvad Længden i det hele og Leddenes Længde angaar, er den tydelig afhængig af Jordbundens Beskaffenhed. To Faktorer har her Betydning: Jordens Løshed (Jorddelenes Forskydelighed) og Jordens Fugtighed. De længste og mest straktleddede findes i løs og blød Sandbund (Klitter, Sandstrand), Skovmuld, Ager- og Havejord samt Dynd. Dette fremgaar ved Sammenligning af Individer indenfor samme Art eller af Arter indenfor samme Slægt (f. Eks. Arterne af *Lotus*, *Poa*, *Achillea*, *Epilobium*, *Carex*) eller af Slægter i samme Familie (f. Eks. *Asperula* og *Galium*).

Dette gælder forøvrigt ogsaa for de andre vandret voksende Jordstængler.

Her kan eksempelvis ogsaa henvises til Sydamerikas Savanner (Warming, Lindman); Tueformer og „Xylopodier“ er her almindelige, Underjords-Vandrestængler meget sjældne. Jeg maa antage, at det især er Jordens rent mekaniske Modstandskraft mod Stænglernes Fremtrængen — det stive Ler — der sætter en Hindring [1]).

4. Stængelspidsen (Endeknoppen) har foruden den sædvanlige Opgave, at beskytte de unge Blade og Stængeldele mod Fordampning, en anden, uvant Opgave, nemlig at værne mod mekanisk Tryk og bane Vej gennem Jorden. Jordbundens Natur maa ogsaa her spille en vis Rolle; ogsaa Løvlaget paa Skovbunden har

[1]) Se ogsaa Hj. Nilsson, 1885, Dikotyla Jordstammer: 104, og P. E. Müller 1894: 123.

Betydning, det er desto vanskeligere at gennembryde, jo vanskeligere Bladene raadner. Det samme gælder ogsaa for de lodret op til Lyset voksende Skud ved Løvspringstid, altsaa alle „diagæiske“ Skud[1]).

Hvad Jordudløberne og andre Vandreskud angaar, er ORTMANN vel den første, der har omtalt Stængelspidsens Tilpassethed (1886), senere MASSART (1908). Se ogsaa Figur 120 i WARMING: Alm. Botanik 3. Udg. (1891). ARESCHOUG's Undersøgelser af Geofyternes forskellige Maader at gennembryde Jorden paa gælder de lodret opad voksende Skud. I det foregaaende findes følgende tre forskellige Bygningsforhold omtalte og afbildede:

a. Bladene to eller flere i Krans; Stængelenden ret. Bladene i en Krans slutter sig sammen, ofte blot med Kant mod Kant, og lægger sig hen over de yngre (*Circæa* Fig. 6; *Lysimachia* Fig. 5; Caryophyllaceer Fig. 10, 11, 13, 14, 15; Labiater Fig. 9, 33; *Hypericum* Fig. 16). Det samme findes hos Apocynaceer, Asclepiadaceer, *Sambucus ebulus* o. fl.

b. Spredte Blade; lægger sig i Regelen over hverandre, undertiden er de næsten hætteformede (*Physalis* Fig. 3; *Papilionaceæ* Fig. 18; *Vacciniaceæ* Fig. 24; *Oxalis stricta* Fig. 35; *Campanula rapunculoides* o. a.

Særlig effektiv synes denne Dækning at blive, naar Bladene har store Akselblade eller skedeformet Bladfod, f. Eks. hos *Ranunculus lingua, Umbelliferæ, Polygonaceæ, Papilionaceæ* (Figurer hos WARMING 1897: Fig. 9, 27, 29) og navnlig Arter af Græstypen; de lange Skeder er her rullet sammen og kræmmerhusformet sat over hverandre paa Stængelspidsen, og Endeknopperne kan hos visse Græsser blive ligefrem stikkende (Fig. 30, 31 og f. Eks. hos *Deschampsia* (*Aira*) *flexuosa, Cynodon dactylon, Phragmites* o. a.; WARMING 1897 b, Fig. 9). Ogsaa hos andre Enkimbladede findes dette (f. Eks. *Maranta* Fig. 38 og mange andre), *Typha* (WARMING 1897 a, Fig. 4, 5), *Scirpus lacuster* (ib. Fig. 6), *Sparganium* (ib. Fig. 8).

Her kan mindes om et parallelt Tilfælde: visse geokarpe Planter har en lignende, skarp Spids, der letter dem at trænge ned i Jorden, og tillige har de ligeledes en kort og nær Spidsen liggende Vækstzone (se THEUNE, 1916, i Beiträge z. Biologie d. Pflanzen, 13).

c. Den interessanteste Tilpassethed er den krogformede Bøjning af Stængelenden, hvormed den ligesom albuer sig frem og først retter sig ud, naar den er naaet op til Lyset (Fig. 17, 21 o. a.). Knoppens øvrige Blade kan her ligge ret løst, fordi Spidserne er vendt bagud, medens ældre Stængeldele baner Vejen. Herved er det særlig interessant, at Stængelen oftest pludselig bliver meget tyndere, lige før Krumningen begynder; dette viser, at det ikke er en rent mekanisk Krumning af Stængelenden, der er foregaaet, men en selvstændig organisk Forandring i Stængelen. Det synes ikke at være ret mange Planter, hos hvilke denne Stængelkrumning forekommer. Hos samme Individ kan der findes rette og krogbøjede Stængler (se *Asperula* Fig. 1; *Papilionaceæ* Fig. 21; *Mercurialis* Fig. 19; *Convolvulaceæ* S. 323, Fig. 22,

[1]) M. VAHL 1911.

23; *Pirolaceæ* Fig. 26; *Trientalis* Fig. 36; *Solanum tuberosum* Fig. 37; *Poterium* og flere andre, som er afbildede i andre af mine Publikationer (*Lathyrus maritimus*, 1906, Fig. 45). ARESCHOUG udtaler, at Stængelen kun kan bryde sig Vej ved Strækning af den bag Krogen liggende Stængeldel; dette synes noget uklart udtrykt, men at der maa ligge et Strækningsbælte i selve den krogbøjede Dels Grund, er klart. I nyeste Tid har SALISBURY (1916) nærmere omtalt den anatomiske Forskel mellem Cellerne paa den konkave og den konvekse Side af krogbøjede Blade: de er mindre paa den konkave end paa den modsatte. Strækningen fremkaldes hos Bladene ved Belysning, og desto hurtigere jo stærkere Lyset er.

Krogbøjning af Bladstilke, navnlig hos Kimbladene, er meget almindelig; se ARESCHOUG (1895), MASSART, RAUNKIÆR (1905, Fig. 25).

5. Rødderne. De allerfleste Jordudløbere slaar Rod; Undtagelser findes maaske hos visse Arter, hvis Udløbere ender med Ammeorganer. Røddernes Plads er først og fremmest ved Bladfæsterne, lige ovenfor eller nedenfor Bladfødderne eller mellem Bladene, hvor disse er modsatte (se f. Eks. Fig. 3, 6, 13 o. s. v.). Hos nogle har disse Rødder ganske bestemte Pladser, hvorfor der maa ligge anatomiske, saa vidt jeg ved endnu ikke undersøgte, Bygningsforhold til Grund; hos *Physalis* (Fig. 3) og *Convolvulus sepium* (Fig. 22) staar to ved hvert Bladfæste. Ret paafaldende er det, at Rødder har deres Plads i selve Bladakslerne, oftest 1, sjælden flere, og ovenover Akselknoppen, naar en saadan findes; dette kendes fra *Ericineæ* (Fig. 24, 25, 26), *Dentaria* (Fig. 2), *Campanulaceæ* og nogle andre[1]). Hos de fleste af de nævnte er de aksillære Rødder meget tynde og ugrenede.

Nogle Jordudløbere har desuden Rødder uordentlig stillede paa Stængelleddene, f. Eks. *Sambucus ebulus, Achillea millefolium, Cirsium heterophyllum.*

At Tilknytningen til Bladgrundene er saa almindelig, er særdeles naturligt, da derved Ernæring og Aflægning af de Akselskud, som udvikles, fremmes.

Rødderne findes først og fremmest paa Stænglernes Underside, og hvis de tillige findes paa Oversiden, er de sidste ofte tydelig svagere, baade tyndere og kortere end de nedadvoksende (f. Eks. hos *Sparganium, Typha, Phragmites, Lysimachia vulgaris*). Heri maa man formentlig se en Virkning af Tyngdekraften. Det forekommer mig urigtigt at betragte Væksten opad af visse Arters Rødder som fremkaldt ved negativ Geotropisme, hvad JOH. ERIKSON og ARESCHOUG har gjort. Jeg har herom udtalt mig 1897: 193. Det er et Korrelationsforhold til den bærende Akse. ERIKSON opgav ogsaa snart denne Tanke.

Antallet og Styrken af Rødder paa Jordudløbere staar i omvendt Forhold til Styrken og Varigheden af Primroden. Hos Arter, der har svage Primrødder, saasom *Asperula*, Arter af *Mentha, Lysimachia, Stellaria* o. a., er Udløbernes Rødder af større Betydning og bliver derfor sædvanlig flere og kraftigere. Arter med blivende Primrod har kortere Udløbere, og Birødderne har ringere Betydning; se f. Eks. *Cam-*

---

[1]) Se WARMING 1877, Bot. T. 3. R., 2: 80, Om Røddernes Stillingsmaade; 1908: Fig. 19, *Andromeda polifolia*; Fig. 29, *Vaccinium uliginosum*; Fig. 35, *Vaccinium oxycoccus*; Fig. 38 og 39, *Pirola rotundifolia.*

panula rotundifolia, Vicia dumetorum og *cassubica, Lathyrus pratensis, Lotus corniculatus,* vore Arter *Hypericum, Galium verum* o. a. Saadanne Arter er mest knyttet til tør og fast Bund.

6. Udløbernes biologiske Betydning. Først og fremmest er det Udløbernes Opgave at fremme Individets Vandring til nye Pladser, hvor der maaske kan findes mere Næring end paa den forladte, og dernæst i det hele forøge Antallet af Lysskud og derved Udsigten for Arten til stærkere Forplantningsevne og Sejr i Kampen med konkurrerende Arter. Disse Opgaver deler de med andre Vandreskud. Jo rigere deres Grendannelse er, og jo længere Grenene er, desto bedre vil disse Opgaver kunne løses. Arter med Jordudløbere er derfor ægte sociale Arter, som ofte optræder pletvis eller over større Strækninger med store Mængder af Lysskud (*Urtica dioeca, Galium verum, Asperula, Stellaria nemorum* og *holostea, Ægopodium podagraria, Mercurialis, Phragmites, Typha, Equisetum, Psamma arenaria* o. s. v.). Hertil bidrager det meget, naar flere Skudgenerationer kan opstaa i samme Vækstperiode, og at f. Eks. Tillægsknopper udvikles (*Honckenya, Lotus corniculatus* o. a.). Det er især Arter med Jordudløbere, der danner Samlag (Facies) i et Plantesamfund, en Association.

Der er gjort opmærksom paa, f. Eks. af Ida Keller[1]), at der er omvendt Forhold mellem Frembringelsen af Frø og af Jordudløbere, hvad bl. a. Tagrøret bekræfter; at denne dog undertiden frembringer spiredygtige Frø, viser min Undersøgelse 1884.

Det synes, at der er flere selskabelige Urter i middelvarme Lande end i Troperne, siger Wallace (1910; World of Life: 98), og dette stemmer med mine Erfaringer.

Iøvrigt kan social Vækst fremkomme paa flere andre Maader, dels ved Frø (saasom hos *Allium ursinum*), dels ved Rodstokke og Rhizoder, dels endog ved Rodskud. De sidste findes hos Livsformer af alle mulige Typer fra de højeste Vedplanter ned til Urter af forskellige Typer (herom se f. Eks. Warming 1877: 53 og 1884: 85, Gruppe 13, Rodvandrere).

Udløbernes Retning i Jorden er selvfølgelig i Overensstemmelse med deres biologiske Opgave, idet den er plagiotrop, d. e. de vokser under en vis Vinkel med Tyngderetningen. Plagiotrop Vækst har mange andre Skudformer, nemlig dels andre Jordstængler, dels Lysudløbere og Krybplanter. Fysiologien opfatter denne Voksemaade af Jordudløberne som i det hele betinget af Reaktion overfor Tyngderetningen; som vel de ældste Forsøg herover kan henvises til Elfving's med *Heleocharis palustris, Sparganium ramosum* og *Scirpus maritimus*, der viste, at det er Tyngdekraften, der faar Jordstænglerne til at antage vandret Stilling. Senere har andre, f. Eks. Goebel og Stahl, vist, at ogsaa Lyset kan have væsentlig Indflydelse og ændre Retningen, naar Jordstængler direkte bliver trufne.

Hos Følfod har jeg dog truffet en Vækstretning af Udløberne, der hverken kan være betinget af Lyset eller Tyngden, hvorom omstaaende Fig. 43 giver Oplysning. I Fig. *A* ses saavel den ældre som to nye Jordudløbere løbe parallelt med den stærkt skraanende Jordoverflade. Samme Vækstretning har tre unge Udløbere i

[1]) Proceedings Acad. Nat. Sc. Philadelphia 1897.

B, men mærkeligt nok gaar to andre vandret ind i Skrænten, maaske under Paavirkning af Tyngden, der virker lodret ind paa dem. Umiddelbart vil Lyset ikke kunne naa de først nævnte, dertil ligger de for dybt i Jorden, og hvis de reagerede overfor Tyngden, vilde de ikke som nu gaa parallelt med Skræntens Overflade. Her synes Fugtigheds- eller Lysforhold i Jorden at være retningsgivende.

Ombøjningsstedet. Før eller senere bliver de allerfleste Jordudløbere imidlertid anderledes stemte overfor Tyngden og bøjer opad, stiller sig tilsidst i selve Tyngderetningen, idet de bryder gennem Jorden og træder frem for Lyset, antagende Lysskuds Karakter. Dette Ombøjningsted er hos mange et kritisk Punkt paa Aksen; det udmærker sig for det første næsten altid ved at blive mere kortleddet end Udløberens øvrige Del, selv hos typiske Langskudsplanter, maaske fordi Lyset hæmmer Væksten noget. Hos Rosetplanterne bliver Løvbladene derved rosetstillede. Med de korte Led følger, at Tallet af Rødder bliver større paa en kort Strækning, og det synes, at Roddannelsen i det hele, i alt Fald i mange Tilfælde, er livligere her end paa den straktleddede Del — et nyttigt Forhold, som tjener til at fæste Lysskuddelen i Jorden og skaffe den større Tilgang af Vand og Næring. Den fysiologiske Grund til Vækstændringen er ukendt.

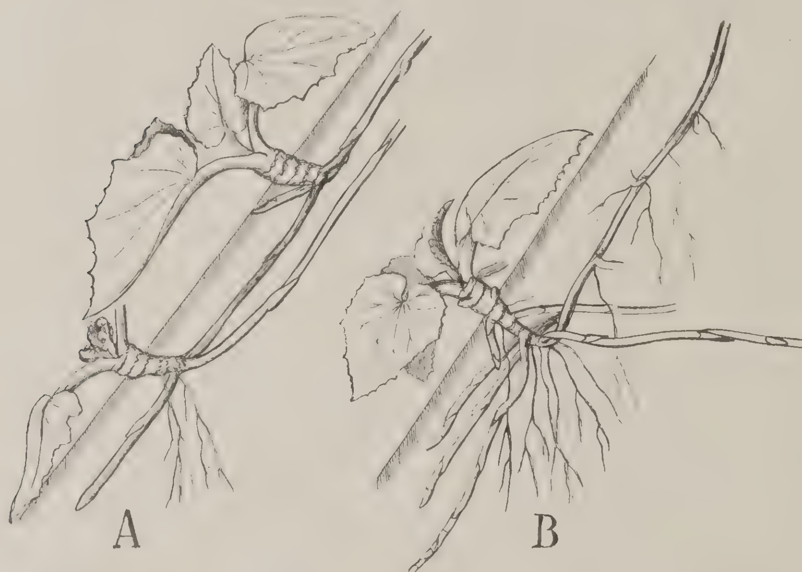


Fig. 43. To Skud af *Tussilago farfarus* voksende paa Strandklinten ved Lønstrup. (26. Aug.). Efter Skizze tagen paa Stedet af Eug. W. I Fig. *A* gik alle Udløbere parallelt med Overfladen, i Fig. *B* gik to lige ind i Jorden (til højre); Rødderne gaar derimod lodret ned.

Dernæst bliver den Mellemstok, som her opstaar, ofte tykkere, undertiden endog knoldformet opsvulmet paa Ombøjningsstedet, f. Eks. hos *Sparganium* og *Typha* (Figurer hos Warming 1877), *Scirpus maritimus* (Warming 1884: Fig. 17), *Tussilago farfarus* (Fig. 43), *Convallaria* o. a.

Sluttelig maa fremhæves, at i de fleste Tilfælde er Ombøjningsstedet netop i særlig Grad Udgangspunkt for nye Skud, baade oprette (Lysskud) og udløbende. I nogle Tilfælde kan der opstaa en mangegrenet Grundakse, den som kendes under

Navn af „radix multiceps", „rhizoma multiceps", af HJALMAR NILSSON kaldt „Skottbasiskomplex" eller „Pseudorhizom"; paa Dansk kan man, synes mig altsaa, kalde den Mellemstok. I andre Tilfælde findes ingen saadan, og Ombøjningsstedet er lidet mærkeligt (*Asperula* Fig. 1, *Saponaria* Fig. 11, *Stellaria* Fig. 15). Hos *Convallaria majalis* bliver Mellemstokken ved at vokse i Højden gennem mange Aar. Med Dannelsen af den Mellemstok, som fremkommer paa Ombøjningsstedet, er Maalet for Udløberne naaet: et nyt Planteindivid er grundlagt.

Aarsagen til, at der fremkommer saa mange Nydannelser og ofte en Ophobning af Næring paa Ombøjningsstedet, er utvivlsomt, at Ombøjningen fremkalder en Hæmning af Ernæringsstrømmen, derved en rigeligere Tilstrømning til de paa dette Sted dannede Knopper.

En særegen biologisk Betydning har de Jordudløbere, der skal føre Ammeorganer med Foryngelsesknopper bort fra Moderskuddet, hvilke omtaltes ovenfor, S. 337—349. De fleste af disse Ammeorganer er Stængelknolde, færre er Rodknolde eller Løg, med hvis Dannelse Udløberen afslutter sin underjordiske Vækst.

7. Udløbernes Varighed er forskellig. De dør jo oftest bort bagfra, men dette sker med meget forskellig Hurtighed. Dette afhænger 1) dels af Standpladsens Natur, 2) dels af Udløberens biologiske Betydning (som Ammeorgan).

Hvad Standpladsens Natur angaar, er det aabenbart saaledes, at jo mere tør denne er, desto langsommere raadner Udløberen, og de Tilfælde eksisterer aabenbart, hvor Primroden af samme Grund eller andre Grunde lever længe og forvedder mere eller mindre, og hvor Udløberne er korte og ligeledes forvedder (Arter af *Hypericum*, *Galium*, Papilionaceer o. a.). Hos Arter som *Lamium album* dør de nævnte Dele vel i 2det Aar, men hos Arter, som *Mentha aquatica*, *Lycopus europæus*, *Lysimachia vulgaris* og *Circæa*, der bebor fugtigere Bund, dør de allerede i Løbet af det første Aar. De lever længere hos *Lotus corniculatus* end hos *Lotus uliginosus*, længere hos *Achillea millefolium* end hos *A. ptarmica* o. s. v. Af WITTES Studier (1906: 102) over Ølands og Gotlands Alvar Vegetation paa de store Kalkstensplateauer fremgaar, at der er rigt grenede Underjordssystemer af ofte forveddede, længe levende Vandreskud, med endog forveddede Birødder, f. Eks. hos *Achillea millefolium*, *Galium verum* og *boreale*, *Vicia cracca*, *Artemisia laciniata* o. a.

Pseudoannuelle Arter. Omvendt opløses Udløberne hurtig paa vaade eller fugtige Standpladser, saa at Foryngelsesknopperne isoleres. Det samme sker endnu tydeligere, jo mere Udløbernes Ende omformes til Ammeorgan, og Opløsningen af Moderplante og Udløbernes ældste Dele kan gaa saa rask, at Arterne som Regel maa siges at være pseudoannuelle: ved Vækstperiodens Afslutning er alene Foryngelsesknopperne tilbage ilive i Jorden, isolerede og selvstændiggjorte; alt er dødt undtagen Foryngelsesorganet: Moderplanten er død og Udløbernes straktleddede Del er død; Planten ligner saaledes en annuel Art, men er i Virkeligheden perennerende. Foryngelsesknoppernes Spiring og videre Udvikling næste Vaar maa da være sikret paa en eller anden Maade. Det almindeligste er, at der fra Moderplanten medgives

Oplagsnæring under en eller anden Form (Knolddannelse, Løgskæl), se foran S. 337. En anden Maade er, at Foryngelsesknopperne straks eller meget tidlig forsynes med Rødder og grønnes, saa at de baade kan optage Vand og Næring fra Jorden og assimilere Luftens Kulsyre (f. Eks. *Epilobium montanum*).

Om de pseudoannuelle Arter kan henvises til min Afhandling 1884: Gruppe 8, S. 41, („Stavnsbundne med fuldstændig Bortdøen af Moderskuddet") og Gruppe 12, S. 79 (Underjordisk vandrende Arter med 1 aarig Skudvarighed) samt til en Afhandling i 16. Skand. Naturforskermøde (1916 i Kristiania). Om Royer se samme Afhandl., S. 41. Videre se Areschoug 1895, Gruppe 3. Mange andre har ogsaa syslet med denne Sag, saaledes allerede Irmisch (B. Ztg. 1850: 6). og Raunkiær 1905 S. 422.

Det siger sig selv, at da Kaarene har stor Indflydelse paa Opløsningens Hurtighed, maa denne ikke altid ventes at være den samme for den samme Art.

Følgende Arter med Jordudløbere vil i Regelen være pseudoannuelle.

Vore Arter af *Chrysosplenium* og *Circæa* (især *C. alpina*), *Convolvulus sepium*, *C. silvestris*, *Epilobium* (*hirsutum*), *palustre*, *parviflorum* o. a., *Glaux maritima*, *Helianthus tuberosus*, *Lycopus europæus*, *Lysimachia thyrsiflora* og (?) *vulgaris*, *Mentha aquatica*, *arvensis* o. a., *Oxalis stricta*, *Ranunculus illyricus*, *monspeliacus* o. a., *Sagittaria sagittifolia*, *Scutellaria galericulata*, *Solanum tuberosum*, *Stachys Sieboldii*, *S. palustris*, *Stellaria nemorum*, *Trientalis europæa*, *Triglochin palustris*. Sylvén nævner, at Kimplanter af enkelte Arter, f. Eks. af *Stachys silvaticus*, er pseudoannuelle; om de ældre Planter er det, er vel ikke derfor sikkert. Vaklende er f. Eks. Arter af *Valeriana*.

Der er i vor Flora mange andre Arter end de med Jordudløbere, der er pseudoannuelle eller dog nærmer sig dertil, og som hører til forskellige andre Livsformer eller Vækstformer, f. Eks. *Adoxa moschatellina*, *Arum maculatum*, *Epilobium montanum*, *Gagea*, *Orchis* og andre Slægter af Ophrydeer, Arter af *Potamogeton*, *Rhynchospora alba*, *Ranunculus bulbosus*, *Samolus Valerandi*. Af Haveplanter kan nævnes f. Eks. *Crocus*, *Gladiolus*, *Colchicum*.

Det synes næsten at være en Ejendommelighed for udpræget pseudoannuelle Arter, at Lysskuddene er ugrenede eller svagt grenede, f. Eks. hos Ophrydeer, *Epilobium montanum*. Dette staar maaske i Korrelation til den stærke Næringstilførsel, der i alt Fald i mange Tilfælde maa ske til Vinterknopperne.

Rodstokke og andre Jordstængler med større Mængder Oplagsnæring nærmer sig morfologisk ofte til de pseudoannuelle Ammeorganer, men Varigheden er forskellig.

8. Kimplanternes Grendannelse; Udløbernes Anlæggelse. Meget paafaldende er den Kraft, hvormed Grendannelse finder Sted fra Grunden af Primskuddet, først og fremmest fra Kimbladenes Aksler, undertiden endog alene fra dem, dernæst ofte med mindre Kraft fra de laveste Løvblades Aksler. Almindeligt er det endvidere, at Tillægsskud udvikles under de først udviklede Akselskud. Tillægsskuddene er forneden ofte tydelig forenede med Hovedskuddet. Dernæst forekommer det ogsaa, at Skud udvikles fra disse forskellige Skuds nederste Blade („Knopkimbladene"), saa at en Mængde Skud af forskellig Orden bliver samlede ved Primstængelens første Bladfæste. Eksempler viser *Asperula* (Fig. 1), *Circæa* (Fig. 6),

Lysimachia (Fig. 4), *Saponaria* og andre Caryophyllaceer (Fig. 10), navnlig *Honckenya* (Fig. 12), *Solanum tuberosum* (Fig. 37), *Triglochin palustris* (Fig. 41), *Mentha aquatica*, *Scutellaria* o. fl., *Convolvulus sepium* (Fig. 22), *Epilobium hirsutum* (Fig. 8), *E. palustre*, (Fig. 42), *Hypericum* (Fig. 16).

Disse grundstillede Skuds Natur er forskellig; i mange Tilfælde er kun en Del af dem Løvskud, og de andre bliver før eller senere Jordudløbere; i færre Tilfælde er de alle orthotrope og bliver Løvskud, og Udløberdannelsen indtræder først senere, f. Eks. hos *Saponaria* (Fig. 10). Ogsaa forekommer det, at alle Kimbladenes Akselprodukter bliver Jordudløbere. Denne Forskel staar i nogen Forbindelse med en Forskel i Primrodens Styrke; hvor denne er kraftig, hurtig bliver tyk og gaar dybt samt varer længe, er Udløberdannelsen trængt tilbage (f. Eks. *Saponaria*). Er Primroden svag og hurtig bortdøende, er Udløberdannelsen saa meget rigeligere og begynder hurtig.

De senere Lysskud ligner ofte ikke lidt Kimplanterne i H. t. Greningens Art ved Skuddenes Grund, som i det hele en Kimplante oftest er et svagt Afbillede af den udvoksne Plante, hvad jeg udtalte 1884: 103.

Goebel antager, at den basale Skuddannelse skyldes den Omstændighed, at Bygningsstofferne for Udløberne vandrer i nedadgaaende Retning til Skuddets Grund. I det hele spiller Bygningsstoffernes Kvalitet og Kvantitet en stor Rolle for ham med Hensyn til Vækstbevægelsen, Skudomdannelser m. m. Et Skuds „Stemning“ beror paa Stofdannelsens Art.

Hvorledes Udløberne kommer ned i Jorden. Dette er en meget interessant, men, hvad det fysiologiske angaar, endnu næppe fuldt oplyst Sag. Hvad det rent ydre angaar, kan følgende fremhæves.

a. Kimbladene er hypogæiske, idet de forbliver indesluttede i Frøskallen. Dette er kun Tilfældet for en ringere Del Arter. Fig. 21 (*Lathyrus paluster*) viser, at de i Kimbladakslerne opstaaede Skud er Jordudløbere, der straks bøjer stærkt nedad og søger dybere ned i Jorden indtil en vis Grænse. Den Kraft, som her er virksom, kan da næppe være Lyset, thi dette maa være udelukket eller dog meget svagt. Det er da sandsynligvis Tyngden eller Jordens Luftholdighed. Udløberne er her altsaa fra første Færd nede i Jorden, — i alt Fald i alle de Tilfælde, hvor Frøet er dækket af Jord.

Andre Arter med hypogæiske Kimblade er *Lotus* o. a. Papilionaceer, *Majanthemum* (Fig. 20), *Trientalis* (Warming 1877), *Typha* (Warming 1897, Fig. 5), *Maranta* (Fig. 38), *Mercurialis* (efter Wydler), og vel alle Gramineer og Cyperaceer.

Hos nogle af disse tager Udløberne fra Kimbladakslerne et temmelig vandret Løb (*Mercurialis, Trientalis*), men hos de fleste sænker de sig jordsøgende[1]). Særlig interessant er *Phragmites*, som jeg har afbildet 1884: Fig. 10. Se ogsaa sammesteds Fig. 17 af *Scirpus maritimus*, samt i „Strandvegetation“ Fig. 117 (og 118) af *Scirpus Tabernæmontani* og i „Klitterne“ Fig. 32 af *Elymus*.

[1]) I Ordet „jordsøgende“ lægger jeg den Betydning: geotropisk, d. e., at Tyngden er den drivende Kraft.

Naar Udløberne har indtaget et vandret Leje i Jorden, maa de antages at befinde sig i en dem tiltalende Dybde, i andet Fald findes denne dybere nede, og de vil da arbejde sig dybere ned.

b. Epigæiske Kimblade. Selv om Frøene ligger under Jordoverfladen, hæves Kimbladene op over denne og grønnes i Lyset. Følgelig maa Jordudløberne paa en eller anden Maade føres fra Lyset ned i Jorden. Mange af foranstaaende Figurer viser, at Jordudløberne oftest søger mere eller mindre skraat, under Vinkler paa 30—45—60°, undertiden næsten lodret ned i Jorden. Undertiden er det Tillægsskuddet, der bliver Udløber, medens det over dette staaende Skud bliver opret Lysskud. (Se f. Eks. Fig. 1, 3, 4, 6, 8, 9, 14, 16, 20, 21, 22, 27, 37, 38, 41, 42). Til andre Billeder findes Henvisninger i Teksten.

Ogsaa fra Akslerne af de nedre Løvblade eller fra Aksler af Skud af 2. Orden samt fra udløbende Lysskud (Lysudløbere) udgaar der undertiden jordsøgende Udløbere.

De Kræfter, der nærmest kan antages at fremkalde disse jordsøgende Bevægelser, er Tyngdekraften (positiv Geotropisme) og Lyset (negativ Heliotropisme), maaske en Samvirken af dem begge. Hos *Circæa lutetiana* tvinger det umiddelbare Lys Jordudløberne til at søge ned i Jorden, efter Stahls og Goebels Forsøg.

De samme Spørgsmaal kommer igen ved Anlæggelsen af Rhizoder og Rhizomer (se f. Eks. *Hippuris,* Warming 1884: Fig. 15).

Naar ydre Kaar saaledes viser sig virksomme til at fremkalde Retningsbevægelser, Dannelse af nye Skud, Rødder og andre Organer, maa man formentlig med Goebel antage, at de fremkalder indre Stofskifteforandringer — hvilke disse er, maa omfattende fysiologiske Forsøg vise. Jeg maa nøjes med at paapege de ydre Fænomener, som forekommer ude i Naturen og under de sædvanlige Kaar, og henvise til de mange Forsøg, der er gjorte af Stahl, Goebel, Massart o. a.

At de først dannede Lysskud straks begynder at sørge for Ernæringen af Udløberne, idet disse efterhaanden vokser i Tykkelse, fremgaar af min Figur 10 af Kimplanterne hos Tagrøret (1884: 62). Her kan ogsaa henvises til *Asperula,* hvis Bladantal i Kransene vokser med Skuddenes Styrke (Fig. 1).

Andre Eksempler paa, at overjordiske Skud søger ned i Jorden, har man i de Øskendannelser, som kendes hos mange Planter (se f. Eks. Raunkiær DBN: Fig. 202 = 1907, Fig. 44; 1909: 26). Ogsaa hos *Tussilago* har jeg set en saadan, og hos *Convolvulus Soldanella* (Warming 1897). Fremdeles i de Eksempler, der kendes paa, at Jordstængler, som fra Bredden af Vandbassiner er komne ud i Vandet og derved ud i Lyset, søger brat nedad, f. Eks. *Cladium* (Warming 1897: Fig. 12) og *Scirpus lacustris* (1899: Fig 6); Raunkiær 1907: Fig. 71—73. Eller paa andre Planters plagiotrope Stængler, der bliver positiv geotropisk stemte, naar Lyset træffer deres Spids, f. Eks. *Adoxa* (Stahl).

9. Dybdelejet for Udløbere og andre Jordstængler. Royers „loi de niveau". — Naar Udløberne er komne ned i Jorden, bøjer de sig før eller senere til Siden og løber tilsidst vandret. For mange Aar siden har man haft sin Opmærk-

somhed henvendt herpaa (se WARMING 1884: 102, 103), og ROYER hævdede 1870[1]), at der er en „loi de niveau", en Normaldybde, som passer bedst for hver enkelt Art. Han angiver intet Maal for de forskellige Arters Dybdeleje, men betragter det som forskelligt for den enkelte Art efter Kaarenes Forskelligheder, hvad han støtter bl. a. ved Kulturforsøg. (ROYER 1870: Bull. Soc. Bot. 17: 168. Loi de niveau er „l'obligation pour les souches de se maintenir à une certaine profondeur .... toujours en rapport avec l'influence des milieu". Forandres de sidste, bevæger „la souche" sig).

En Bekræftelse paa, at der er en Normaldybde, fremgaar af WOODHEAD's Iagttagelser i England; i en Skov er der 3 fremherskende Arter, der hver har sin Normaldybde og derved undgaar indbyrdes Konkurrence om Plads. RAUNKIÆR antager ligeledes „en for Arten sædvanlig Dybde". Mine Iagttagelser stemmer i det store nogenlunde hermed. Idet jeg ogsaa medtager andre Jordstængler end netop Udløbere, vil jeg for vor Natur ordne Arterne saaledes. (Jfr. ogsaa P. E. MÜLLER 1894).

1. Lige i Jordskorpen og mellem Skovbundens Løv ligger f. Eks. Jordstænglerne af *Adoxa* (0,5—3 cm), *Asperula* (Fig. 1, *B*, *D*), *Ægopodium* (1—3 cm), *Anemone nemorosa*, *A. ranunculoides*, *Circæa alpina*, *Convallaria*, *Epilobium montanum*, *Majanthemum*, *Mercurialis*, *Melica uniflora*, *Milium effusum*, *Mentha aquatica*, *Oxalis acetosella*, *Ranunculus bulbosus* (0—1 cm), *Scrophularia nodosa*, *Stellaria holostea* og *nemorum*, *Stachys silvaticus*, *Urtica dioeca* og fl. a., navnlig af dem, som RAUNKIÆR benævner „Hemikryptofyter". Alle svagere Jordstængler egner sig ikke for større Dybder (f. Eks. *Adoxa* og *Anemone*, der begge hører til Krybplanternes Type).

2. Noget dybere (2—4 cm Dybde) kan man finde en Del af de samme Arter, f. Eks. *Ægopodium*, *Anemone nemorosa* (indtil 5 cm), *Asperula*, *Convallaria* (0,5—5 cm), *Mercurialis*, *Stachys silvaticus* og fl., samt f. Eks. *Ficaria*, *Lysimachia vulgaris*, *Vaccinium vitis idæa*, Arter af *Allium*, *Ornithogalum*, *Eranthis* (4—5 cm), *Viola silvatica*, Arter af *Primula*, *Majanthemum*, *Pulmonaria*, *Paris*, Arter af *Corydallis*.

3. I et Niveau af 4—10 cm vil man oftest finde Jordstænglerne af *Arum maculatum*, *Circæa lutetiana*, *Allium ursinum*, *Dentaria* (6—8 cm), *Epipactis palustris*, *Gagea lutea*, *Listera ovata*, *Orchis masculus*, *Paris*, *Phyteuma*'s Knolde, *Polygonatum multiflorum*, *Platanthera*, *Stachys silvaticus*, *Thalictrum flavum*, *Gagea lutea* (6—7 cm), *Valeriana officinalis*, undertiden ogsaa *Convallaria*, *Mercurialis*, *Scrophularia nodosa*, *Eranthis* og fl.

4. Endnu dybere, nemlig ned til 10—15 (—20 cm) Dybde kan man træffe Jordstænglerne af ældre Eksemplarer af *Corydallis*-Arter, *Arum maculatum* (6—12 cm), *Allium ursinum*, *Epipactis latifolia* (indtil 20 cm), *Polygonatum multiflorum*, *Pteridium*, *Stachys silvaticus*, *Paris* (10—12 cm), *Ornithogalum* (11—25 cm), og f. Eks. ogsaa *Colchicum* (efter RIMBACH 10—16 cm, og den skal bruge 30 Aar for at naa den Dybde, „der mest tiltaler den"), *Lysimachia thyrsiflora* (11—12 cm i løs Sphagnum).

[1]) Bull. Soc. botan. de France, 15: 17. Flore de la Côte d'Or, I, 1881, S. XX, og II: 454, 475—77, 507. Se ogsaa P. E. MÜLLER 1894: 65.

5. Endnu dybere kan man træffe Stænglerne af *Asparagus officinalis* (20—40 cm efter Rimbach), *Equisetum arvense* (indtil „6 m“), *Pteridium*, *Tussilago* („højst nogle Fod“, P. Nielsen). Disse store Dybder opnaas dog kun af de kraftigste Planter og Jordstængler og vistnok kun, naar Bunden er meget løs og blød Skovmuld, saa at de let kan aande. En Art som Padderokken har Luftgange i sin Stængel, hvilket vil lette den dette Arbejde.

Det anførte giver kun i grove Træk Oplysning om Dybdelejets Forskelligheder. Mange Arter har et yderst forskelligt, hvad ogsaa P. E. Müller har angivet; jeg slutter deraf, at det er yderst vanskeligt at udfinde nogen Normaldybde blot ved Undersøgelser ude i Naturen, en saadan og det egentlig normale kan kun udfindes sikkert ved Forsøg.

Forskellighederne i Dybdelejet kan skyldes utvivsomt ret forskellige Faktorer, navnlig følgende:

1. Bundens fysiske Natur, navnlig dens Fasthed. Er den en løs Skovmuld, hvis store Porevolumen tillader let Nedtrængen i Jorden og Aandedræt dybere nede, kan mange, som ellers findes højt oppe, findes dybt. Eksempelvis i Centimeters Dybde: *Anemone nemorosa* 6, *Circæa lutetiana* 8—10, i løs Tørvemuld endnu dybere, *Paris quadrifolia*, *Epipactis latifolia*, *Ficaria* 8—10.

2. Ogsaa kan man tage for sikkert, at Bundens Luftholdighed og Arten af Luft i den, dens kvantitative og kvalitative Næringsindhold, dens Fugtighed (Grundvandets Dybde m. m.) og Varme, Surhed o. a. kemiske Faktorer maa have Indflydelse.

3. Plantens Alder spiller tydelig nok ogsaa en Rolle. At Dybdelejet for Jordstængelen ogsaa afhænger heraf, viste jeg 1876 ved mine Udsæd af Dentaria’s Kimløg. De unge Rodstokke sænker sig uden Røddernes Hjælp med Alderen dybere og dybere fra Overfladen ned til 6—8 cm Dybde. Ligeledes nævnes det samme af P. E. Müller og andre. Müller skriver i sin værdifulde Afhandling om Regnormenes Forhold til Rhizomplanterne (1894: 58), at Rodstokkene af *Polygonatum multiflorum* fandtes i en fra Sted til Sted meget forskellig Afstand fra Overfladen, men nogenlunde ensartet for Individer af samme Alder paa samme Lokalitet.

4. Det vil dernæst formodentlig ofte faa Betydning, med hvilke andre Arter en Art kommer til at vokse sammen; den edafiske Konkurrence mellem dem og de forskellige Arters Indflydelse paa Jordens Fasthed, Luftholdighed og Fugtighed m. m. maa gribe ind. Jfr. bl. a. Woodhead (1906). Dybdelejet i de forskellige Samfund maa studeres omhyggelig.

5. Sluttelig maa man ogsaa nævne en Række Tilfældigheder, som kan faa Betydning, saasom Tykkelsen af Løvlaget, af den Jord, som Blæst eller Regn kan have tilført, og navnlig har P. E. Müller, som nævnt, paavist en Faktor, der kan spille en Rolle, nemlig den af Regnorme fremkaldte Hypning, ved hvilken Jordstænglerne passivt kommer dybere ned.

Det vil være forbundet med store Vanskeligheder at udfinde Standpladsens, navnlig Jordbundens, Natur sikkert, og for mange Arters Vedkommende kan Plantens

Alder heller ikke angives. Den eneste sikre Fremgangsmaade vil være at gaa Forsøgets Vej, følge en Jordstængels Forandring fra Aar til Aar, saaledes som Rimbach har gjort.

Det følger af sig selv, at der kan være Forskel paa, hvor dybt Vinterknoppen og hvor dybt de ældre Dele af Jordstængelen ligger (se f. Eks. Müllers Fig 14). Det er naturligvis Vinterknoppens Vækst og Udvikling, paa hvilken det især kommer an.

Et meget vanskeligt Spørgsmaal er det dernæst: Hvorledes føler Planten, om den er i en passende Dybde, og hvorledes formaar den at forandre sit Dybdeleje.

10. Forandringer af Dybdelejet. Royer var klar over, at Planterne kan forandre deres Dybdeleje, naar Forholdene kræver det; han siger f. Eks.: „Quand les conditions l'exigent, les plantes savent aussi bien descendre que monter". „Plantés à fleur de terre, les rhizomes de *Polygonatum vulgare*, *Anemone nemorosa* etc. deviennent descendantes". Senere har andre ligeledes ved Forsøg vist det samme (Rimbach, Raunkiær).

Der er forskellige Maader, paa hvilke Jordstænglernes Plads i Jorden forandres.

1. Naar en orthotrop Stængel er kommen for dybt, vil den simpelthen ved Etiolement kunne arbejde sig højere op. Raunkiær har flere Billeder, der viser dette, f. Eks. i 1905, Fig. 13, 14, 15; 1909, Fig. 51, 66, 136, 137, 138, 146. Ligeledes Warming 1891: Fig. 26, 30; Dansk Plantevækst, „Klitterne" Fig. 138, 139; 1897, Fig. 6 og 7, og P. E. Müller 1893, Fig. 12.

I andre Tilfælde, nemlig hos plagiotrope, er der ikke Tale herom, f. Eks. ved de Rodstokke, der krummer sig opad, naar de er komne for dybt. *Polygonatum multiflorum* er en af de Arter, der mest har været brugt til Forsøg. I 1898 meddelte Rimbach et fortræffeligt Billede af dennes Rodstokke (Fig. 1), der viser, hvorledes de krummer sig opad, naar de er komne for dybt, — nedad, naar de er for højt. P. E. Müller har 1894 og Raunkiær 1907 (Fig. 46, 47, 48) lignende Billeder af den samme Art. Hvorledes denne og lignende Retningsændringer hos denne og andre Arter foregaar, ved vi ikke sikkert.

2. Et større Dybdeleje opnaas paa tre forskellige Maader ved dels passive dels aktive Bevægelser.

a. Passiv Sænkning fremkommer derved, at det faldne Løv, tilblæst eller tilskyllet eller f. Eks. ved Regnormenes Ekskrementer aflejret Jord gør det Dække tykkere, som ligger ovenover Stænglerne. Særlig maa her henvises til den Rolle, som utvivlsomt Regnormene i mange Tilfælde spiller; det er P. E. Müller, som gennem mangeaarige, meget omhyggelige Undersøgelser i vore Skove paaviste dette (1894). Dog gik han sikkert for vidt i sin Bestræbelse for at forklare alle de iagttagne Tilfælde paa faa Undtagelser nær paa denne Maade. Sikre Resultater opnaas vistnok kun ved Kulturforsøg. En Knold som den af *Corydallis cava* kommer vist kun passivt og da vel især ved Regnormenes Hjælp saa dybt ned i Jorden, som man kan finde den.

b. Rodsammentrækning er en Form for aktiv Sænkning.

Allerede 1819 udtalte J. A. Tittmann den Formodning, at Guleroden føres dybere ned i Jorden derved, at den spontant forkortes, saa at Stænglen trækkes nedad; senere er dette iagttaget og omtalt af andre, f. Eks. Irmisch, Hildebrand og Hugo de Vries[1]), men navnlig af A. Rimbach. Gennem en halv Snes Aar (fra 1893—1902) har han gennem en Række Afhandlinger ved Maalinger og paa anden Maade ført Bevis for, at en Mængde Planter, navnlig Løg og Knolde, altsaa korte og tykke Jordstængler, og andre stavnsbundne Stauder med Mellemstok med eller uden blivende Primrod ved Rødders Forkortning føres med Alderen dybere ned i Jorden indtil en vis Grænse; det er det indre Barkparenkym, som ved Turgorændring foraarsager Sammentrækningen, der hos visse Arter kan stige indtil 70 %.

Hos de foran nærmere omtalte Arter med Jordudløbere er Bevægelse ved Rodsammentrækning aabenbart sjælden. Den maa vel her søges hos de Arter, der har tykkere og længere varende Primrødder; navnlig vil jeg fremhæve *Ægopodium podagraria* (Fig. 29, S. 333). Dens Rødder har nemlig meget tydelig de Tværrynker, som er kendetegnende for Rodsammentrækning. Dens Udløbere bliver formentlig derefter anlagte og udviklede med omtrent vandret Løb under Jordoverfladen. *Saponaria* (Fig. 10, S. 312) har ikke saadanne stærke Rynker, men det synes mig rimeligt, at ogsaa dens Udløbere (Fig. 11) udvikles af Knopper, som ved Rodforkortning er blevne hypogæiske. Herhen maa vel ogsaa *Honckenya*, *Campanula rapunculoides* o. a. føres.

Ved denne almindelige Rodsammentrækning føres altsaa en stor Mængde geofile Arters Jordstængler ned til den for dem mest passende Dybde.

c. En Række andre Jordstængler, navnlig de vandrette og vandrende (Jordudløbere, Rhizomer og Rhizoder) har ikke kontraktile Rødder, efter Rimbach f. Eks. *Majanthemum*, *Convallaria*, *Polygonatum multiflorum*, *Circæa lutetiana*, *Adoxa*, o. fl. Her ændrer Jordstængelens Vækstpunkt af anden Aarsag sin Vækst, søger nedad, naar det ligger for højt, opad, naar det er kommet for lavt. I 1876 viste jeg for *Dentarias* Vedkommende, at dens af Bulbiller udviklede Jordstængler Aar efter Aar gik dybere og dybere ned samtidig med, at Løvbladene blev større og mere indskaarne, og at dette skete, idet det nye Aarsskud danner en Vinkel med det ældre, men Rødderne er her for svage og sparsomme til at kunne udrette nogen Nedaddragning (se Fig. 2). Rimbach fandt endogsaa, at Primskuddet, naar det er dannet i Lys, vokser lodret ned i Jorden. Paa lignende Maade i andre Tilfælde. Saaledes kan henvises til mit Billede af Tagrørets Kimplante: 1884 Fig. 10 og 1906 Fig. 116; af *Scirpus Tabernæmontani*: 1906 Fig. 117—118 og flere andre (se foran). Rimbach har en Mængde Eksempler paa det samme.

Hvilke er de Kræfter, som sætter Rodsammentrækningen og de vandrette Jordstænglers Bevægelser i Gang? Herom ved vi uendelig lidt, og det maa meget anbefales Plantefysiologer at sætte de Forsøg i Gang, som kan føre til Løsningen af dette

---

[1]) Omtalt af mig 1884, S. 102; P. E. Müller 1894: 51.

vanskelige Spørgsmaal. Spørgsmaalene kan ogsaa udtrykkes med Royers Ord: Hvorledes føler Planten, at den ikke er i den mest passende Dybde?

De Faktorer, der kan tænkes at indvirke paa Jordstængelens Befindende, er navnlig følgende: Jordens Fugtighed, Iltholdighed, Varme, Belysningen, Tyngden. Hvilke Faktorer, der virker, maa afgøres i hvert enkelt Tilfælde, thi om end de kan kombineres og maaske oftest kombineres (f. Eks. Lys og Tyngde), saa er det vel oftest en enkelt, der er den stærkeste og kan forandre „Stemningen" overfor de andre.

Tyngdekraften synes vanskelig at kunne fremkalde spontane Retningsbevægelser paa de Jordstængler, der ligger begravede i Jorden. (Jfr. dog S. 353).

Ved Iltmangel f. Eks. bliver mange Rødder og Rhizomer negativt geotropiske og kommer derved hen paa Steder, hvor der er mere Ilt. Dybdelejet maa altsaa kunne afhænge af Plantens Stemning overfor Ilten. Positivt hydrotropiske er Rødderne, som derved finder de fugtigste Steder i Jorden; Hydrotropisme synes saaledes ogsaa at kunne faa Betydning.

At Lyset har stor Betydning for Vækstretningen af Jordstængler, fremgaar af det foran (S. 353) sagte; umiddelbart kan Lyset naturligvis ikke virke paa Jordstængler, der ligger dybt i Jorden; Virkningen maa i hvert Fald være middelbar, og dette antages ogsaa af forskellige. Her kan da først bemærkes en Udtalelse af Rimbach, der lyder saaledes (1898: 203): „bis jetzt habe ich noch keinen Fall kennen gelernt, in welchem eine Änderung im Verhalten des Rhizoms eingetreten wäre, ehe dasselbe ein Organ nach der Erdoberfläche ausgesandt hatte"; „die über die Erdoberfläche gestreckten Teile zeigen hiernach dem Vegetationspunkt des Rhizoms erst an, in welcher Tiefe er sich befindet;" det er „die innere Oekonomie der Pflanze", Virkningen af Lysskuddets Assimilation, som fremkalder Vækstændringer. Men hvorledes?

Rimbach tænker sig følgende. Ligger Rodstokken dybere i Jorden, siger han, vil den naturligvis bruge mere Materiale for at sende et Lysskud op over Jorden, end naar den ligger højere, og faa mindre Materiale tilført fra Lysskuddet. Omvendt, naar den ligger højere. Det er denne „innere Oekonomie", Virkningen af Lysskuddets Assimilation, som fremkalder Vækstændringen — hvorledes udtaler han ikke.

En lignende Anskuelse har efter hans Angivelse Czapek, og ligeledes har Goebel som bekendt den Opfattelse, at det er Plantens Stofskifteprodukter, som regulerer Dybdelejet.

En nærstaaende Antagelse har ogsaa Raunkiær søgt at godtgøre (1907) ved et interessant Forsøg. Han antyder ligeledes, at det er Lysets Indvirkning paa Lysskuddet, der er det virksomme, og mener, saa vidt jeg forstaar, at Lysets Pirring ledes gennem Skuddet ned til Jordstængelen og saa fremkalder Retningsændring. Han skriver (1907: 94): „Jeg tænkte da, at Forholdet maatte være dette, at Planten gennem en eller anden Livsvirksomhed var i Stand til at maale Afstanden fra Rhizomet til det Punkt, hvor den oprette Luftskuddel først naaede Lyset. Men hvis dette var

rigtigt, maatte man kunne bedrage Planten ved at erstatte et Jordlag med et mørkt Luftlag" — og han anbragte da en Zinkcylinder over Jorden, under hvilken Rodstokken af Storkonval laa, saaledes at det nye Luftskud næste Foraar maatte vokse op gennem den, og saa viste det sig, at de Rodstokke, hvis Luftskud først var naaet til Lyset efter at være voksede op gennem Cylinderen, havde ladet sig bedrage, de var stærkt opadrettede.

I og for sig vil der heri ikke være noget ukendt; et Organ, f. Eks. et Løvblads Plade, kan, som bekendt, „percipere" eller føle en Pirring og lede den videre til et helt andet Organ, i hvilket da først Reaktionen viser sig, uden selv at reagere. Jeg er dog ikke vis paa, at nævnte Forklaring er rigtig, thi det er ikke blot Lyset, der forandres, naar man anbringer en Zinkcylinder over Jorden, hvori Rodstokkene er lagt, saaledes at Lysskuddene, naar de udvikler sig, maa vokse i Mørke op gennem Cylinderen; Fugtigheden, Varmen og Luftholdigheden i Jorden under Cylinderen vil sikkert ogsaa forandres, men derom er intet oplyst.

At det er Faktorerne i Jorden selv, der dels bestemmer den Dybde, til hvilken Jordstængelen sænker sig eller hæver sig, fordi den her finder sit bedste Leje, og dels dens Retning, synes mig at være den naturligste Forklaring af Tilfælde som de afbildede Eksemplarer af *Tussilago farfarus* (Fig. 43). Om det er Forhold i Jordluften eller Fugtigheden i Jorden, der er det afgørende, bør nærmere undersøges. MOLISCH forklarer Dybdelejet som fremkaldt ved Aerotropisme. Naar en Jordstængel ombytter den plagiotrope Vækst med den orthotrope, maa dog indre Faktorer være traadt til og virke.

11. Tilpassethed til Standplads. I det foregaaende er Spørgsmaalet om Dybdelejets Afhængighed af Kaarene blevet berørt, men ogsaa det Spørgsmaal opstaar ganske naturligt: om Jordudløbere i det hele taget kan betragtes som knyttede til bestemte Standpladser og altsaa betegne en økologisk Tilpassethed. En Standplads er imidlertid af en overmaade sammensat Natur, og en meget nøjagtig Besvarelse kan ikke gives uden meget vidtløftige Undersøgelser. Men endog en statistisk Opgørelse af deres forskellige Hyppighed paa de forskellige Standpladser, naar disse betragtes ganske groft, synes at give et tydeligt Svar. Jeg finder nemlig følgende, naar jeg holder mig til de i det foregaaende omtalte danske Arter, der vokser paa:

1.	Løs Muldbund (Skov, Krat, Gærder o. a.)	34,51 %
2.	Vaad Bund (Søbredder, Vaade Enge, Hedemoser o. a.)	30,09 —
3.	Vand	11,50 —
4.	Agre, Høje Enge	8,85 —
5.	Mosbund, Klithede	5,31 —
6.	Faste (graa) Klitter, Vejkanter	5,31 —
7.	Løst Sand (tørt eller vaadt)	4,43 —
		100,00 %

Disse Tal kan ikke gøre Fordring paa absolut Nøjagtighed, for det første, fordi ikke alle danske Arter med Jordudløbere er medtagne (men dog nok de fleste og

almindeligste og uden at nogen fortsætlig Udvælgelse har været medvirkende), for det andet, fordi den individuelle Opfattelse nødvendigvis maa have Betydning for Afgrænsningen af Standpladserne og Afgørelsen af, paa hvilken Standplads en Art er hyppigst, naar den forekommer paa noget forskellig Bund. Men der er saa store Forskelligheder paa Procenterne, at man maa være berettiget til med stor Sikkerhed at slutte: det er løs Bund (Muld, Sand), fugtig eller vaad Bund (Muld, vandrig Jord) og Dynd, i hvilke Jordudløbere hyppigst findes, til hvis Ejendommeligheder de altsaa synes tydeligst tilpassede, og som derfor vel ogsaa har fremkaldt Dannelsen af dem. At Roddannelse fremmes ved fugtig Luft eller fugtig indtil vaad Jord og Vand, ligesom ogsaa ved Mørke, er ogsaa en velkendt Erfaring.

12. Jordudløbernes Nedstamning. Jeg kan ikke undlade til sidst at antyde min (Lamarckistiske) Opfattelse af Jordudløbernes Nedstamning, idet jeg henviser til min Note 5 (S. 104) i Afhandlingen fra 1884. Jeg tager for givet, at de nedstammer fra Lysskud, og jeg tænker mig, at Begyndelsen er gjort derved, at saadanne ved deres Grund har slaaet Rod, fordi de dér kom i Berøring med fugtig Luft og fugtig Bund. Mange Arter i vor Flora slaar erfaringsmæssig Rod ved Grunden af deres her noget buekrummede Skud[1]). Jeg tænker mig, at dette er sket i videre Udstrækning med Skud, som af Kaarene er blevne førte til at lægge sig stærkere ned indtil vandret, f. Eks. ved Psychroklini. Vi har da Lysudløbere dannet. Paa visse Standpladser, f. Eks. i Skove, vil saadanne være udsatte for at blive unddragne Lysets Paavirkning derved, at de dækkes af Skovens Affaldsprodukter, i andre Tilfælde ved tilblæst eller tilskyllet Jord; med Lysets Fraværelse følger ændret Stofskifte, og, som det er vist ved mange Forsøg, gaar Løvblade i saadanne Tilfælde over til at blive Lavblade, Stænglen bliver bleg og etioleret, kort sagt: de Ejendommeligheder fremkommer, som er betegnende for Jordudløbere.

Som Støtte for denne Hypotese henviser jeg til de Arter, der endnu staar paa et Overgangstrin, idet de har baade Lys- og Jordudløbere, f. Eks. *Agrostis alba, vulgaris* og *canina*, Arter af *Mentha, Stachys, Scutellaria galericulata* og *Lamium, Stellaria holostea, uliginosa* og *nemorum, Urtica dioeca, Valeriana excelsa*, Arter af *Galium, Campanula rotundifolia, Circæa lutetiana, Veronica chamædrys* (P. E. Müller), Arter af *Hypericum, Malachium aquaticum* og *Stellaria graminea* (efter Brundin). Ved Forsøg er det let at føre nogle Arter over fra den ene Skudform til den anden (Stahl, Goebel).

Endvidere henviser jeg til, at nogle Jordudløbere endnu har Haar, — ligesom en Relikt fra Lysskudtiden, — f. Eks. *Mercurialis* (se Fig. 19 *D*), Arter af *Mentha, Achillea millefolium, Stachys palustris* (Warming 1884: Fig. 20), *Saxifraga rivularis* (Kirtelhaar; se Bot. Tidsskr. 15: Fig. 21, 1885). Der er ogsaa Arter, som endnu har Spalteaabninger, f. Eks. *Typha* (Olivier). Saadanne Tilfælde synes mig at vise, at de paagældende Lysudløbere endnu er ret unge.

At Arterne har forskellig Evne til at omforme deres Jordstængler til Lysskud

[1]) Se mit endnu utrykte Foredrag ved Naturforskermødet i Kristiania 1916.

med (smaa) Løvblade, ses f. Eks. af *Adoxa*, der danner Skælblade selv udsat for Lyset, og som hurtigst muligt søger ned i Jorden.

Samme Spørgsmaal om Forskel i Alder rejser sig ogsaa, naar Talen er om Knoldene hos Arterne af Kartoffeltypen.

Selv om denne hypotetiske Udvikling skulde være rigtig, er dog langt fra alle Spørgsmaal besvarede, f. Eks.: Hvorfor har mange Arter bevaret Evnen til at danne Jordudløbere saa fast, at den maa siges at høre til deres normale Natur; det, som de derved opnaar, maa vel antages at være en tryggere Tilværelse, en vis Beskyttelse af deres Skud; men saa kommer Spørgsmaalet: mod hvilke ugunstige Forhold. For Skovbundsplanternes og vel ogsaa for Sump- og Vandplanternes Vedkommende er det næppe Vinterens Frost, thi ingen Bund synes saa vel beskyttet mod denne som i alt Fald Skovbunden, men snarest Efterstræbelser af Dyrene (som anført om *Dentaria* S. 300).

Og sluttelig er der det store og vanskelige Spørgsmaal: hvilke indre Kræfter og Forhold tvinger Udløbere, der udspringer over Jorden, til at søge ned i denne, og til, naar de befinder sig i den, at bevæge sig op eller ned efter Kaarene. Fremtiden maa besvare dem.

Underground runners (Resumé).

There are in vascular plants several different types of plagiotropic shoots, which have not, however, been given definite names, so that we find, for instance, the same type referred to by some writers as a stolon, by others as a rhizome. Distinction should at any rate be made between the following.

1. In many herbaceous species, the orthotropic aerial shoots send out plagiotropic overground root forming shoots (runners) with elongated internodes, and naturally, with foliage-leaves. These runners should be called stolons (a certain type flagellum). Their biological function is to effect the migration of the plant.

2. Many species with orthotropic aerial shoots have pale, slender underground runners with scale leaves and elongated internodes; they take root, and ramify irregularly. These should be kept distinct from the stolons, and it is suggested that they be called suboles (planta subolifera). They are probably never produced by direct transformation of the primary shoot, but are shoots of a second and higher order. Their biological function is likewise to effect the migration of the plant. It is this type more particularly which is dealt with in the present paper. An example is shown in fig. 1, *Asperula odorata*.

3. In some cases, they terminate in a nutritive organ, which may be a stem-tuber, fleshy root, or bulb; the hibernating buds are connected with this organ, the nourishment of which is used next spring, but the true migratory part of the shoot dies off sooner. Example, *Solanum tuberosum*, fig. 37; *Stachys Sieboldi*, fig. 34; *Cyperus esculentus*, fig. 39; etc.

4. Underground — and consequently pale — plagiotropic shoots, with short internodes, and rich in nutritive matter and therefore thick, — and which often live for several years, are called rhizomes; they form an important central organ of the plant, and that from which the aerial shoots proceed. These last are in most species developed from the terminal bud of the rhizome (sympodial rhizomes); in a smaller number of species, from the lateral buds (monopodial rhizomes). The rhizome is often formed directly from the primary shoot (example: *Anemone nemorosa*, *Polygonatum multiflorum*). A somewhat divergent form of rhizome is found in *Dentaria bulbifera*, where not only the stem, but also the scale leaves are nutritive (fleshy); see fig. 2.

5. Between the suboles and the rhizomes we have another type, resembling the former in being slender, with elongated internodes, but more like the rhizome in the fact that its lateral shoots are formed from certain main buds, situate in the axil of a certain leaf, the leaf in question being often numerically definable. These are often but short-lived. Examples: *Hippuris vulgaris*, *Heleocharis palustris* etc. See p. 302. We might perhaps call them rhizodes.

6. We may here further mention two other types of plagiotropic shoots, which are not lateral shoots on an orthotropic aerial shoot, and which in some forms run above ground, in others below, but in all cases directly bearing the green foliage-leaves, besides occasionally having scale leaves. The overground root-forming types are thus creeping (*repentes*) and should perhaps be called creeping plants (creepers), e. g. *Lysimachia nummularia*, *Hydrocotyle vulgaris*. The underground forms have a thinner or thicker stem, from which

foliage-leaves proceed, and have thus either character of suboles or of rhizomes or rhizodes (example: *Polypodium vulgare*, *Pteridium aquilinum* and other ferns; *Aspidistra lurida*) and must for the present, failing any better name, be called leaf-bearing suboles and leaf-bearing rhizomes. They must of course as a rule be found close under the surface of the earth, rarely deep down (Pteridium and other ferns) as the leaves cannot force their way through the earth for any distance. The stem in some species may be found both creeping over and wandering in the earth (e. g. *Hydrocotyle vulgaris*).

7. The term rhizome is also generally used for those stems with short internodes, but erect, branched or unbranched, lying close above and below the surface of the earth, which bear the winter buds, and which are surviving basal parts of orthotropic aerial shoots (Ex.: *Primula elatior*, *Plantago maritima*). This type of shoot has been called "Rhizome (root-stock)" or "radix multiceps"; it was distinguished already by Hj. Nilsson from the true rhizomes under the name of "pseudorhizome"; it was also formerly called "mesocormus", a good and suitable name. It may be found combined with aerial or subterranean runners, but may also lack these, and will then be non-migratory; the vegetative reproduction is then insignificant.

The runners (suboles) mentioned under 2) turn upward sooner or later, and form aerial shoots, or such proceed from the axillary or the terminal buds. These aerial shoots are of varying shape. In our northern flora the following types of shoot can be distinguished:

The long-shoot has on the whole elongated internodes of equal length right from the base, though they may be a little shorter there. The leaves are foliage-leaves, though the basal ones are often smaller, and more or less approaching the scale leaf type. Most species have large flat leafy blades (e. g. *Epilobium angustifolium*, *Linaria vulgaris*), fewer have small and narrow leaves, whose stems have shorter internodes (the lepidophyllous, ericoid, pinoid, lycopodioid shoot). Long-shoots are characteristic of summer annuals and a number of perennial herbaceous plants, and probably have their habitat chiefly outside the cold and frigid-temperate lands; they are also found in most ligneous plants.

A particular form of long-shoot is found in the lianas.

The rosette-shoot (p. 303—304) is also well known. In plants with rosette shoots proper, all the foliage-leaves are collected close to the surface of the earth on a short, erect stem, and inflorescences proceed up from the rosette (e. g. *Plantago major*, *Primula elatior*, *Bromeliacæ*). Ligneous plants with rosette shoots raised high in the air are well known (palms, etc.).

The semi-rosette shoot (p. 304). The aerial shoot has at the base a rosette of large foliage-leaves, but then follows a stem portion with elongated internodes, leaf-blades decreasing upwards in size and shape (e. g. *Campanula trachelium*). To this type should also be reckoned the monopodial rosette shoots, the flowering lateral shoots of which are leafy shoots with elongated internodes (e. g. *Alchimilla vulgaris*). The semi-rosette shoot is undoubtedly the most widely distributed and common type in climates of medium warmth and moisture; it is found in many biennial aud perennial hapaxanths and in many pollacanthous plants. The rosette is the sign of a period with slow growth, generally due to cold.

The grass-type is rather a semi-rosette shoot type, but deserves to be distinguished from the other semi-rosette shoots, owing to the extensive ramification which often takes place in the rosette, as also to the peculiar shape of the leaves, etc.

It should further be noted that these types of shoots are naturally not sharply distinguishable and that aerial shoots may also be adapted in very different ways to the climate and environment (xerophytes, mesophytes, hygro- and hydrophytes).

From p. 305 onward, the writer deals with a series of examples of species having underground runners, suboles, chiefly taken from the northern flora.

The following observations may be made as to underground runners in general.

The length of the internodes is distinctly dependent upon the resistance and moisture of the soil. The longest and most extended suboles are found in loose sandy soil, loose, moist forest mould, field and garden soil, and mud. Soil such as the stiff clay of the South American savannahs has but very few species with underground runners, and the runners themselves are short; there are, on the other hand, many species with tussock-growth and what Lindman has called "xylopodia", i. e. thick and lignified mesocormes.

The buds of the underground runners have, in addition to the usual function of a bud —, that of protecting the growing point and embryonic tissues of the stem against exsiccation, — also the unusual task of forcing a way through the earth. The manner in which this is done had been previously described by Ortmann, Warming and Massart, and, as regards the erect shoots of the mesocorme and other earth-stems, by Areschoug and Massart. They are as follows: a) The leaves decussate or verticillate: the uppermost leaves close up into an often pointedly conical body (see figs. 5, 6, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 33). b) Leaves scattered: the scales place themselves one over the other, at times they may be almost hood-shaped (figs. 3, 18, 24 and others quoted on p. 351). In species of the grass type and other monocotyledons, they roll up into a cornet and can, in certain grasses etc., form a positively piercing body (figs. 30, 31, 38 and other figures quoted on p. 351). c) The most interesting adaption is the hooked curvature of the apex of the stem; the young leaves of the bud can lie quite loose, with the points turned upward, as the bud turns backward, and the work of forcing a passage is left to older parts of the stem. In most cases, the end of the runner suddenly becomes much thinner immediately before the curvature begins; this shows that is it not altogether a purely mechanical curving of the stem end which has taken place (figs. 1, 19, 21, 22, 23, 26, 36, 37, 45). Quite recently Salisbury (1916) has referred to the anatomical difference between the tissues of the concave and those of the convex side. This hooked curvature is, as we know, common also in seedlings, and likewise in the stalks of leaves (see Klebs, Areschoug 1895, Massart, Raunkiær 1905).

Roots (p. 352). In the first place, there are roots at the nodes, often placed in a very definite arrangement in relation to the leaves; in some species, especially the *Ericineæ*, in the axil of the leaf itself. (See figs. 2, 24, 25, 26, etc. Also Warming 1877: 80, 1908 figs. 19, 38, 39). In some underground runners, roots are also found on the internodes, without any ordered arrangement.

That the roots so generally are associated with the base of the leaves is natural, since the formation and nourishment of the axillary branches is thus facilitated. Most roots grow downwards, but some also up, these being, however, generally thinner and shorter, probably owing to the effect of gravity. The number and strength of the roots in underground runners will be in inverse proportion to the strength and longevity of the primary root.

The biological advantages of the underground runners consist in furthering the migration of the individual to richer soil, occupation of new space with more food, increasing the number of aerial shoots, and reproduction of the species, and thus also the prospect of victory in the struggle against competing forms. Many species having their underground runners higly ramified become extremely social (e. g. *Urtica dioeca*, *Asperula odorata*, *Stellaria nemorum* and *holostea*, *Ægopodium podagraria*, *Mercurialis perennis*, *Phragmites*, *Typha*, *Psamma arenaria*, *Equisetum*, etc. This is greatly facilitated when several generations of shoots can arise during the same growth period (ex. gr. *Phragmites communis*; see WARMING 1884, fig. 10), and additional buds be developed. WALLACE is of opinion that there are more social plants in fairly temperate climates than in the tropics (World of Life, 1910: 98). This agrees with my observations. The other underground plagiotropic shoot-types can also produce a rich social growth.

The plagiotropic direction of the runners in the earth is naturally in accordance with their biological function. It must undoubtedly be dependent on the whole upon the force of gravity, as first pointed out by ELFVING. In *Tussilago farfarus*, growing on a steep slope, I found the direction of growth of the runners to be parallel with the slant of the surface (fig. 43). It seems hardly possible that it should in this case be dependent either upon gravity — see direction of the roots — or upon light, but rather upon conditions in the soil itself, such as moisture, or composition and quantity of the air etc.

The curving section of the runners. Sooner or later, the runners change their direction, and turn off upward in an orthotropic aerial shoot. In some species, the curving section of the stem is not particularly pronounced (fig. 1, 11, 15). In many forms, however, this part has far shorter internodes than the remainder of the runner, and is often, moreover, thicker, besides being rich in roots (see p. 354 for reference to figures). From this portion of the shoot, we often find many lateral shoots proceeding, and a mesocorme is formed; in *Convallaria majalis*, for instance, it may continue to increase in height for several years. A contributory cause of this thickening of runners of the part in question is perhaps that the flow of nourishment to the aerial shoot is here impeded, whereby an accumulation of nutritive matter is formed.

From here we are led to those runners which terminate in a food-accumulating organ, such as tubers or bulbs, the formation of which as a rule involves the early death of the thin first part of the shoot (figs. 33—42).

The longevity of the runners is, it should be noted, highly variable, depending partly upon the nature of the habitat, partly upon the biological importance of the runners themselves. The drier their habitat, the longer they will live, and cases are known where both the primary root and the runners with their secondary rootlets become more or less lignified (species of *Hypericum*, *Galium*, *Papilionaceæ* etc.).

On moist ground, or in water, the runners decay more rapidly, especially when the apex is transformed into a feeding organ (e. g. *Mentha*, *Lycopus*, *Lysimachia vulgaris*, *Circæa*; see fig. 7, 35, and the potato type mentioned on p. 337—344). Many species become pseudoannual; at the end of the growth period, only rejuvenating buds are left in the earth (see the species mentioned on p. 355—556: *Chrysosplenium*, *Circæa*, especially *C. alpina*, etc.).

There are in our northern flora many other species, belonging to other types of growth forms, which also are pseudoannual (e. g. *Adoxa moschatellina*, *Arum maculatum*, *Ophrydeæ*, etc., see p. 356).

A peculiarity of many pseudoannual species, especially those furnished with food accumulating organs, is that the aerial shoots are unbranched, or only slightly branched (e. g. *Ophrydeae*, *Epilobium montanum*). This is perhaps in correlation with the fact that the nourishment has more particularly to be carried to the new rejuvenating buds.

Formation of the runners. A very striking feature is the strength with which branching takes place from the base of the primary shoot, branches being formed from the axils of the cotyledons, sometimes from there alone, sometimes also from the axils of leaves immediately above. Then also there are often accessory shoots serially under the main

lateral shoots (more or less connected with the basis of the same), and often, also, buds are rapidly formed from the axils of the lowest leaves on the lateral shoots. For examples see fig. 1, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 22, 37, 41, 42.

Of these basal shoots, some develope into aerial shoots, others more often to runners. In *Saponaria*, for instance (fig. 10), *Honckenya* (fig. 12) runners are not formed at once, but are evidently delayed until, by the contraction of the primary root or otherwise, the buds have come down into the ground. In other species, runners grow out at once, and make their way down into the ground.

In some species, the cotyledon is hypogæic, and the runners are at once hypogæic, but may nevertheless be seen to grow more or less obliquely down (fig. 21); it is probably the force of gravity which forces them down until they have reached a depth determined by the nature of the soil. Species with hypogæic cotyledon are mentioned on p. 357.

Particularly interesting is *Phragmites*, the seedling of which will in the course of one summer develope several generations of runners; each successive generation seeks farther down, and becomes stronger then its predecessor, being evidently nourished by the older aerial shoots. So also with *Scirpus maritimus* (Warming 1884: fig. 10 and 17) and *S. Tabernæmontani* (Warming 1909: fig. 117, 116).

Epigæic cotyledons. Fig. 1, 3, 4, 6, 8, 9, 14, 16, 20, 21, 22, 27, 37, 38, 41, 42 show how shoots grow out from the axils of the cotyledons or those of other leaves, obliquely down into the earth. The question as to the part played by geotropy and heliotropy in these movements must be determined by experiment. That direct light can force earth-stems to move down into the earth has been shown experimentally by Stahl, Goebel and others. And the point is further apparent from the fact that earth-stems which have grown out from the banks of ponds into the water may be seen to turn sharply downwards (Warming 1897, fig. 12, *Cladium mariscus*; 1899 fig. 6, *Scirpus lacustris*; Raunkiær 1907, fig. 71—73).

Soil level. Royer maintained (1870) that there was a certain "loi de niveau" or law of level for each species; i. e. a definite soil level or normal depth, differing, however, according to external conditions; cf. also Woodhead (1906). I have here (p. 359) collected a quantity of data concerning the depth at which the earth stems (of various types) may be found in different species. Speaking generally, the rule is that weak, hypogæic stems such as the runners of *Asperula* and *Adoxa moschatellina*, only go down to a slight depth. Species which can be found at the surface of the earth and among the fallen leaves in forest ground, penetrating down only to some few centimetres' depth, are mentioned under 1) on p. 359. Under 2) are noted species whose earth-stems may be found between 2—4 cm down. Under 3) some which are found at 4—10 cm depth. Those under 4) go down to 10—15 (—20) cm. Under 5) are mentioned some few species which go still deeper. Many species may be found at greatly varying depths, as has also been noted by P. E. Müller. The result of my investigations is, that it is extremely difficult to determine the normal soil level by investigations in a state of nature. Many different factors may exert a modifying influence: the physical conditions of the soil, the quantity and character of the air therein contained, acid or alkaline nature of the ground, moisture, heat, amount of nutritive matter; furthermore, the season of the year may count for someting, as especially also the age of the plant and its position in regard to competition with other species. Finally, there are purely accidental circumstances which have to be reckoned with, as for instance where earth or leaves are deposited by earthworms (P. E. Müller) or by wind or water above the soil in which the stem is found, or where the same are carried away by the rain. The only certain method of ascertaining the normal soil level answering to given external conditions is that adopted by Rimbach, viz. the experimental.

Alteration of soil level. Royer saw that plants were able to alter the soil level of their earth stems, ascending or descending in accordance with changing conditions. There are various ways in which this alteration can be effected. When an orthotropic stem has got too deep down into the earth, it will be able to ascend simply by etiolation (figures, for instance, in Raunkiær 1905 fig. 13, 14, 15). Plagiotropic stems, on finding themselves too

low down or two high up, must curve up or down accordingly. Experiments have been made and illustrations given by RIMBACH and RAUNKIÆR (1907, fig. 46, 47, 48); see also P. E. MÜLLER 1894. As to the factors which start these growth movements, we know nothing certain.

When an earth-stem lies too high, it can be sunk deeper down by various ways. Passive descent is effected by the deposit of earth or other matter on the surface of the ground. P. E. MÜLLER has shown the importance of the activity of earthworms in lowering the level of earth stems.

Active descent is accomplished in at least two ways. One is the contraction of the roots, already observed by TITTMANN so far back as 1819, and later by IRMISCH, HILDEBRAND and others, especially by RIMBACH (in a series of works from 1893 to 1902). This appears to take place more particularly in a number of species with mesocorme and strong primary root, as also in many bulbous and tuberous plants. In species with underground runners, this form of movement will be less common, save in cases where the species retains its primary root for a long time, as in *Ægopodium* (fig. 29, p. 333), presumably also in *Saponaria officinalis* (p. 313, fig. 11) and perhaps *Honckenya* (p. 313, fig. 12) and likewise, for instance, *Campanula rapuncoloides* etc.

The other method is that of curvature in plagiotropically growing stems (underground runners, rhizomes, rhizodes) with roots too weak and non-contractile (e. g. according to RIMBACH, in *Majanthemum bifolium*, *Polygonatum multiflorum*, *Valeriana officinalis, Dentaria bulbifera* (fig. 2), *Circæa lutetiana* (fig. 6, 7), *Adoxa moschellatina* etc.). Here the growing points of the earth-shoots alter their growth direction, tending downward when they have reached too high a level, and up when they find themselves too far down. The rhizome of *Dentaria bulbifera* bends in a series of obtuse angles when working down year by year deeper into the ground (WARMING 1876); the roots are too few and too thin to be capable of drawing down. See also RIMBACH.

We know nothing definite as to how the plant perceives that it is not at a proper depth, or what forces aid it in seeking the same. RIMBACH (1898 p. 203) states that he has never seen a rhizome alter its direction before it had sent up an organ above ground to the light; this organ, which in the young *Dentaria* earth-stems is a leaf, in the older ones a flowering aerial shoot, should thus in some way or other inform the growth point of the depth at which it lies. RIMBACH opines that it must be the "internal ecomomy" of the plant which occasions the alteration in growth, and CZAPEK is said to hold the same view. RAUNKIÆR also considers that the plant is able by means of its aerial shoot to measure the distance from the rhizome to the point where the erect aerial shoot touches the surface of the earth, and he has attempted to support this view by an experiment. He placed a zinc cylinder over the spot beneath which the rhizome of a *Polygonatum multiflorum* was laid rather high up. It was then seen, that the darkened layer of air acted just as the earth ordinarily does, and the rhizomes whose aerial shoots only reached the light after having grown through the darkened layer of air, were much bent upward. The aerial shoot should thus be able to perceive an excitation, and conduct it through that part of the shoot which is in darkened air down to the rhizome, where the reaction then first takes place. Whether this explanation is correct I do not know; the earth under the zinc cylinder would of course undergo a change in respect of moisture, temperature, and air content, which points should also be taken into consideration.

It seems to me, that the most natural explanation would be that factors in the soil itself (moisture, quantity and character of the air — oxygen content in particular — etc.) must determine the depth to which the earth stem rises or descends. When, on the other hand, an underground runner turns upward in the curving section in order to grow out above the earth in an aerial shoot, then internal factors must be considered to be at work.

Adaptation to habitat. The question naturally arises whether underground runners can be regarded as ecologically adapted to their habitat. A habitat is, however, a so complex factor in itself, that the easiest method to which we naturally turn is a statistical reckoning of the number of species with underground runners which are attached to the most widely different types of habitat found within a given area. In the case of Denmark, such a method

leads us to the following result: 34,5 % of these species are found growing in loose mouldy soil, in woods, hedgerows etc.; 30,09 on wet soil (banks of ponds and lakes, wet meadows, mud); five other types of habitat have together only 35,30 % (see p. 364). Even though the subjective estimate may make itself felt to a certain degree in determining the character of the habitat in each case, and all Danish species are not included, the superiority of the two first-named types seems sufficiently pronounced to warrant our asserting with confidence that loose, moist or wet or watery soil furthers the formation of underground runners. That root formation is furthered by moisture of air and soil is a well known fact.

Origin of underground runners. I consider that underground runners are descended from aerial shoots, and could imagine that the first step was taken by some orthotropic aerial shoots, somewhat prostrate at their base, which from being at first merely prostrate, without secondary rootlets, afterwards took root, such shoots being later again transformed into stolons, and these finally becoming underground runners, as deposits of earth or waste products of the forest growths, covered them up. As the light became excluded, they would lose colour, develope scale leaves, etc. In support of this hypothesis, I may adduce the many instances of one and the same species being both stoloniferous and suboliferous (see p. 365) and the fact that the one type of runner often may easily be led over into the other (Stahl, Goebel). It may further be noted that some underground runners still have hairs (fig. 19, *Mercurialis*; species of *Mentha, Achillea millefolium, Stachys palustris, Saxifraga rivularis*; see p. 365); others have still stomata (*Typha*, according to Olivier). That some species are constant in their present form is seen from *Adoxa moschellatina*, the rhizome of which forms scale leaves even when exposed to light. This question, the constancy of characters, also arises with regard to tubers in species of the potato type.

Litteraturfortegnelse.

Areshoug, F. W. C., 1857. Bidrag til groddknopparnes morfologi och biologi. Lund.
— 1895. Beiträge zur Biologie der geophilen Pflanzen. Lunds univ. årssk. XXXI.
Ascherson, P. und P. Magnees, 1870. Bemerkungen über die Arten *Circæa* Tournef. Bot. Zeitg. **28**.
Brundin, J. A. Z., 1898. Bidrag till Kännedomen om De Svenska Fanerogama Örternas Skott-utveckling och Öfvervintring. Upsala.
Buchenau, Fr., 1859. Bemerkungen über Cornus suecica. Flora, **42**.
— 1882. Beiträge z. Kenntniss d. Butomaceen, Alismaceen u. Juncaginaceen. Englers Jahrb. **2**: 465.
Duval-Jouve, J., 1864. Histoire naturelle des Equisetum de France. Paris.
Erikson, Joh., 1896. Studier öfver Sandfloran i Östra Skåne. Bihang t. K. Sv. Vet.-Handl. 22. Se ogsaa Botan. Notiser 1894.
— 1898. En Studie öfver Ranunculus illyricus's morfoligi, biologi och anatomi. Öfversigt af K. Svenska Vet.-Akad.
François, L., 1908. Recherches sur les plantes aquatiques. Ann. d. sc. nat. IX S., **7**.
Goebel, K., 1908. Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen.
Irmisch, 1851. Einige Bemerkungen über Tussilago Farfara. Flora, **9**: 177.
— 1853. Keimpflanze von Tussilago Farfara. Flora.
— 1856. Beiträge z. vergleich. Morphologie der Pflanzen. V. Labiaten. Abhandl. Naturforsch. Gesellsch. zu Halle, **3**.
— 1857 a. Über einige Ranunculaceen. Botan. Zeitg. **15**: 81.
— 1857 b. Über die Keimung und die Erneuerungsweise von Convolvulus sepium und C. arvensis etc. Botan. Zeitg., **15**: 433.
— 1859. Über Lathyrus tuberosus und einige andere Papilionaceen. Botan. Zeitg., **17**: 57.
Jessen, Knud, 1913. Rosaceæ in: The Structure and Biology of Arctic Flowering Plants. Meddelelser om Grønland, **37** (1914).
Lindman, C. A. M., 1914. Några Bidrag till frågan: Buske eller Träd. K. Vetenskapsakademiens Årsbok, **12**.
Massart, J., 1903. Comment les plantes vivacés maintiennent leur niveau souterrain. Bull. Jard. Bot. de l'Etat., **14**: 113, 12 Figg. Bruxelles.
— 1903. Comment les plants vivacés sortent de terre au printemps. Bull. de Jardin botan. de l'Eiat. I. Bruxelles.
Müller, P. E., 1894. Om Regnormenes Forhold til Rhizomplanterne, især i Bøgeskove. Overs. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Forhandl.
Neger, F. W., 1904. Über die Bildung hibernakelähnlichen Sprossen bei Stellaria nemorum. Flora, 93.
— 1913. Biologie der Pflanzen. Stuttgarte.
Nielsen, P., 1877. Om Ukrudsplanten Følfod: dens Vækst over og under Jorden. Ugeskrift for Landmænd.

NILSSON, HJ., 1885. Dikotyla Jordstammar. Akademisk afhandling. Lunds Univers. Arsskrift, XXI.

OLSEN, CARSTEN, 1914. Cornaceæ i: The Structure and Biology of the Arctic Flowering Plants. Meddelelser om Grønland, **37**.

ORTMANN, A., 1886. Beiträge zur Kenntniss unterirdischer Stengelgebilde. Dissertat. Jena.

RAUNKIÆR, C., 1895—1899. De danske Blomsterplanters Naturhistorie (forkortet i Teksten til DBN). København.

— 1905. Types biologiques pour la géographie botanique. Kgl. Danske Videnskabernes Selskabs Oversigt.

— 1907 a. Planterigets Livsformer og deres Betydning for Geografien. Kjøbenhavn og Kristiania.

— 1907 b. Om Livsformerne hos Tussilago farfarus. Botan. Tidsskrift, **28**: 203.

RESWOLL, THEKLA, 1906. Pflanzenbiologische Beobachtungen aus dem Flugsandgebiet bei Röros in inneren Norwegen. Nyt Magazin f. Naturvidenskab, **44**. Kristiania.

RIMBACH, A., 1893. Zur Biologie der Pflanzen mit unterirdischen Sprossen. B. DBG., **11**.

— 1897 a. Üb. d. Lebensweise des Arum maculatum. B. DBG., **15**: 178.

— 1897 b. Lebensverhältnisse des Allium ursinum. B. DBG. **15**: 248.

— 1897 c. Biologiske Beobachtungen an Colchicum autumnale. B. DBG. **15**: 298.

— 1897 (—98). Die kontraktilen Wurzeln und ihre Thätigkeit. Fünfstücks Beiträge, **2**: 1—28. 2 Taf.

— 1898 a. Das Tiefenwachsthum der Rhizome. Fünfstücks Beiträge z. wissenschaftl. Botanik, **3**: 177. (Heri Henvisninger til anden Litteratur).

— 1898 b. Üb. Lilium Martagon. B. DBG., **16**: 104.

— 1899. Beiträge zur Physiologie der Wurzeln. B. DBG. **17**: 18.

— 1900. Physiological observations on some perennial herbs. Bot. Gaz., **30**: 171. 1 Pl.

— 1902. Physiological observations on the subterranean organs of some Californian Liliaceæ. Botan. Gazette, **33**: 401.

ROYER, CH., 1881. Flore de la Côte d'Or. Paris.

— 1870. Considérations sur les parties souterraines des plantes. Bull. soc. botanique de France, **17**: 147.

— 1870. Importance taxinomique des parties souterraines des plantes. Bull. soc. bot. France: 170.

SALISBURY, E. J., 1916. The emergence of the aerial organs in Woodlaud Plants. The Journal of Ecology, **4**: 121—128.

SEIGNETTE, A., 1889. Recherches sur les tubercules. Bonniers Revue générale, **1**.

SYLVÉN, N., 1906. Om de svenska dikotyledonernas första förstärkningsstadium. 1. Speciel del i KVA. Handl., **40**. 2. Allmäne del. Dissertation. Upsala.

TUHPIN, P. J. F., 1830. Sur l'organisation intérieure et extérieure des tubercules du *Solanum tuberosum* et de l'*Helianthus tuberosus*. Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle, **9**.

VAHL, MARTIN, 1911. Les types biologiques dans quelques formations végétales de la Scandinavie. Kgl. Danske Vidensk. Selskabs Oversigt, S. 319.

WARMING, EUG., 1876. Smaa biologiske og morfologiske Bidrag. 1. Botan. Tidsskr., **9** (3. R., 1), 1876.

— 2. Ibid. 1877, **10** (3. R. 1).

— 1884. Om Skudbygning, Overvintring og Foryngelse. Naturhistorisk Forenings Festskrift.

— 1885. Biologiske Optegnelser om grønlandske Planter. I. Cruciferæ, Ericineæ. Bot. Tidsskr., **15**: 151.

— 1886. Om nogle arktiske Væxters Biologi. Bihang t. K. Svenska Vet. Akad. Handlingar, **12**. Afd. III.

— 1891. Botaniske Exkursioner. **2** De psammophile Formationer i Danmark. Vidensk. Meddel. Naturh. Foren. 1891: 153.

WARMING, EUG., 1897 a. Exkursionen til Skagen i Juli 1896. Botan. Tidsskr., **21**.
— 1897 b. Botan. Exkursioner, **3**. Skarridssø. Vidensk. Meddel.
1897 c. Halofyt-Studier. K. Danske Vid. Selsk., 6. R., VIII.
— 1898. Vedplantetyper. Förhandlingar vid d. 15. Skandinaviska Naturforskermødet i Stockholm.
— 1901. Om Løvbladformer. 1. Lianer. 2. Skovbundsplanter. D. Vid. Selsk. Overs., 3—41.
— 1906. Dansk Plantevækst, **1**. Strandvegetation. København.
— 1908. Ericineæ (Ericaceæ, Pirolaceæ). I. Morphology and Biology. — The Structure and Biology of Artic Flowering Plants, I. Meddelelser om Grønland, **36**.
— 1909. Dansk Plantevækst, **2**. Klitterne. København.
— 1915—1916. Skovene. Dansk Plantevækst, **3**. Bot. Tidsskr., **35**, 1. og 2. Hæfte.
— 1914—1918. Lehrbuch der Ökologischen Pflanzengeographie. 3. Auflage. Berlin.
WEIDEMANN, 1871. Beiträge zur Morphologie perennirender Gewächse.
WINKLER, 1880. Flora.
WITTE, H., 1906. Till de svenska Alfvarväxternas Ekologi. Dissert. Uppsala.
WOODHEAD, T. W., 1906. Ecology of woodland plants in the neighourhood of Huddersfield. Journ. Linn. Soc. Lond., **37**.

INDHOLDSFORTEGNELSE



INDHOLD